

# **สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**การศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของเมล็ดพริกไทยดำและ  
เมล็ดพริกไทยดำนอกเปลือก**

**STUDY ON PHYSICAL AND THERMAL PROPERTIES OF BLACK PEPPER  
AND WHITE PEPPER**



๒๗.  
๘1547  
2550

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....  
วัน,เดือน,ปี.....

83038

31 ก.ค. 2551

b. 119๖๐๙๑2  
i. ....

**ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**

**ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ปีการศึกษา 2550**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของเมล็ดพริกไทยดำ

และเมล็ดพริกไทยดำดอกเปลือก

STUDY ON PHYSICAL AND THERMAL PROPERTIES OF BLACK  
PEPPER AND WHITE PEPPER

ผู้จัดทำ

นางสาวชนนต์ดี

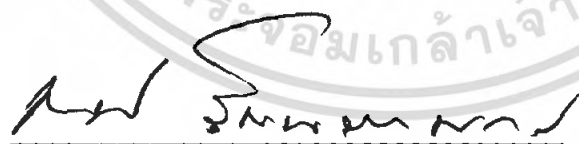
พุดพิพัฒน์

นางสาวชลิตา

ไชยสมบูรณ์

นางสาวจิตติกุล

อุทพันธ์แสง



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของเมล็ดพริกไทยดำและ  
เมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

นางสาวชนนดี พูลพิพัฒน์

นางสาวชลิตา ไชยสมบูรณ์

นางสาวจิตติกุล คูหะเพ็ญแสง

รองศาสตราจารย์สาทิพย์ รัตนภาสกร

อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางความร้อน และความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยดำและเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก โดยทำการศึกษาหาความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 30, 40, 50 และ 60 °C ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 10 – 90 % พบว่าแบบจำลองที่สามารถอธิบายความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยดำแบบหูดความชื้น เมล็ดพริกไทยดำแบบคายความชื้นและเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกแบบหูดความชื้นได้ดีที่สุดคือ Modified Halsey ส่วน Modified Henderson อธิบายความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกแบบหูดความชื้นได้ดีที่สุด ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพสำหรับพริกไทยดำในช่วงความชื้น 9 - 60 % ฐานแห้ง และสำหรับพริกไทยดำลอกเปลือกในช่วงความชื้น 6 - 34 % ฐานแห้ง พบว่าขนาด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย พื้นที่ผิว มุมกองเชิงสถิตยศาสตร์ มุมกองเชิงพลวัต และเปอร์เซ็นต์การหดตัว เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น และความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นเนื้อ ความพรุน และความร้อนจำเพาะลดลงเมื่อปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าความเป็นทรงกลมมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมีค่าสูงสุดบนพื้นผิวของไม้ รองลงมาคือ ยาง อะคริลิก และเหล็กตามลำดับ และได้แสดงสมบัติทางกายภาพที่กล่าวข้างต้นในรูปแบบการความสัมพันธ์กับความชื้นภายในเมล็ด สำหรับอัตราการอบแห้งแบบขั้นบันไดบางเวลาที่ใช้ในการอบแห้งมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิความร้อนเพิ่มขึ้น และหาค่าคงที่จากสมการของ Page

# **STUDY ON PHYSICAL AND THERMAL PROPERTIES OF BLACK PEPPER AND WHITE PEPPER**

Ms. Chanatetee Poolpipat

Ms. Chalita Chaisomboon

Ms. Thitikul Kuhapensaeng

Assoc. Prof. Satip Rattanapassakorn

Advisor

## **ABSTRACT**

This research was carried out to determine physical, thermal properties and equilibrium moisture content of black pepper and white pepper. Studying on equilibrium moisture content at 30, 40, 50 and 60 °C and relative humidity range 10 – 90 %. The Modified Halsey and Modified Henderson were found to be the most suitable for describing the relationship between moisture content and relative humidity for black pepper and white pepper, respectively. Black pepper, the moisture range of 9 - 60 % (d.b.) and White pepper the moisture range of 6 - 33 % (d.b.), the geometric mean diameter, 1000 Grain Weight, Surface Area, static angle of repose, dynamic angle of repose and Shrinkage increased when moisture content increased. The bulk density, true density, porosity and specific heat decreased when moisture content increased. Furthermore, the sphericity had a little changed when moisture content increased. The coefficient of friction on wood surface was the highest, followed by on rubber, acrylic and steel surface, respectively. In addition the mathematic model equation of physical properties which relate to various moisture content were percentage. The thin drying rate had the used time for drying decreased when the temperature of hot air increased.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่ายที่ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านด้วยความเต็มใจ

ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ

ผศ.ดร.มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงษ์ อาจารย์หัวหน้าภาควิชา ผู้ให้ความกรุณาและไว้วางใจในการใช้ห้องปฏิบัติการล่วงหน้าเพื่อทำงานวิจัย

รศ.สาทิป รัตนภาสกร อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และความรู้ในการทำปริญญาานิพนธ์นี้มาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์อย่างสุดซึ้ง

คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่านที่ช่วยกรุณาไขข้อข้องใจในปัญหาต่าง ๆ ทางวิชาการให้ได้รับความกระจ่าง

พี่นุ้ย พี่แมน ป้าคิมและที่บุญนำที่ช่วยอำนวยความสะดวกเรื่องการใช้สถานที่และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองระหว่างการทำงานวิจัย และให้คำแนะนำเรื่องการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

เพื่อน ๆ นักศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกคนที่ให้ข้อมูล คำแนะนำต่าง ๆ คำลั้งใจดี ๆ และอยู่เป็นเพื่อนกันตลอดการทดลอง

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่และทุกคนในครอบครัว ที่คอยเป็นคำลั้งใจและให้การสนับสนุนที่ดีตลอดมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ซ
สัญลักษณ์	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	2
1.2 ขอบเขตงานวิจัย	2
1.3 ประโยชน์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพริกไทย	4
2.1.1 ลักษณะพริกไทย	4
2.1.2 ประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการของพริกไทย	4
2.1.3 ความสำคัญต่อเศรษฐกิจของพริกไทย	5
2.2 ความชื้นสมดุล (Equilibrium Moisture Content)	5
2.2.1 วิธีการหาความชื้นสมดุล	7
2.3 ความหนาแน่น (Density)	9
2.3.1 ความหนาแน่นเนื้อ (Solid Density)	9
2.3.2 ความหนาแน่นรวม (Bulk Density)	9
2.4 ความพรุน (Porosity)	10
2.5 ขนาด (Physical Dimensions)	10
2.6 น้ำหนักเฉลี่ย (1000 Grain Weight)	11
2.7 ความเป็นทรงกลม (Sphericity)	11
2.8 พื้นที่ผิว (Surface Area)	11
2.9 ความเสียดทาน (Friction)	12
2.9.1 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (Coefficient of Friction)	12
2.9.2 มุมองวีสต (Angle of repose)	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.10 การหดตัว (Shrinkage)	13
2.11 ความร้อนจำเพาะ (Specific Heat)	14
2.12 การอบแห้ง	15
2.12.1 ทฤษฎีทั่วไปของการอบแห้ง	15
2.12.2 กลไกการอบแห้ง	15
2.12.3 สมการการอบแห้งกึ่งทฤษฎี	18
2.12.4 สมการการอบแห้งแบบเอมไพริคัล	18
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วัสดุและวิธีการทดลอง	20
3.1 การเตรียมตัวอย่าง (sample)	20
3.1.1 การเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดลองการคายความชื้น	20
3.1.2 การเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดลองการดูดซับความชื้น	21
3.1.3 การเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดลองหาคคุณสมบัติทางกายภาพ และหาอัตราการอบแห้ง	22
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	22
3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับหาความชื้นสมดุล	22
3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับหาคคุณสมบัติทางกายภาพ	22
3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาความชื้นสมดุล	23
3.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาขนาด	23
3.2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาน้ำหนักเฉลี่ย	24
3.2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาความหนาแน่น	24
3.2.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาความเสียดทาน	24
3.2.8 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาหมุมกอง	25
3.2.9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาการหดตัว	25
3.2.10 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาความร้อนจำเพาะ	25
3.2.11 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาการอบแห้งชั้นบาง	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 วิธีการทดลอง	26
3.3.1 การหาความชื้นสัมบูรณ์	26
3.3.2 วิธีการทดลองการหาขนาด	26
3.3.3 วิธีการทดลองการหาน้ำหนักเฉลี่ย	27
3.3.4 วิธีการทดลองการหาความหนาแน่น	27
3.3.5 วิธีการทดลองการหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	28
3.3.6 วิธีการทดลองการหามุมกอง	29
3.3.7 วิธีการทดลองการหาการหดตัว	30
3.3.8 วิธีการทดลองการหาความร้อนจำเพาะ	30
3.3.9 วิธีการทดลองการหาการอบแห้งชั้นบาง	31
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล	33
4.1 ผลการทดลองการหาขนาด	33
4.2 ผลการทดลองการหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย	34
4.3 ผลการทดลองการหาน้ำหนักเฉลี่ย	35
4.4 ผลการทดลองการหาความเป็นทรงกลม	36
4.5 ผลการทดลองการหาพื้นที่ผิว	37
4.6 ผลการทดลองการหาความหนาแน่นรวม	38
4.7 ผลการทดลองการหาความหนาแน่นเนื้อ	39
4.8 ผลการทดลองการหาความพรุน	40
4.9 ผลการทดลองการหาความเสียดทาน	41
4.9.1 ผลการทดลองการหาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน	41
4.9.2 มุมกองวัสดุ	42
4.10 ผลการทดลองการหาการหดตัว	44
4.11 ผลการทดลองการหาความร้อนจำเพาะ	45
4.12 ผลการทดลองการหาออร์เซอร์พชั่น ไอโซเทอม	46
4.13 ผลการทดลองการหาอัตราการอบแห้งแบบชั้นบาง	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล	58
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก	62
ภาคผนวก ก	63
ภาคผนวก ข	97



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน	5
ตารางที่ 4.1 ค่าคงที่จากสมการของ Page ของเมล็ดพริกไทยดำ	55
ตารางที่ 4.2 ค่าคงที่จากสมการของ Page ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	55
ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายของเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้น 11% w.b. (12.36% d.b.)	56
ตารางที่ 4.4 สมบัติทางกายของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้น 11 % w.b. (12.36% d.b.)	57
ตาราง ก - 1 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้น 9.22 % (d.b.)	64
ตาราง ก - 2 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้น 18.31 % (d.b.)	67
ตาราง ก - 3 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้น 28.88 % (d.b.)	70
ตาราง ก - 4 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้น 43.16 % (d.b.)	73
ตาราง ก - 5 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้น 59.28 % (d.b.)	77
ตาราง ก - 6 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้น 6.33 % (d.b.)	80
ตาราง ก - 7 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้น 10.78 % (d.b.)	83
ตาราง ก - 8 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้น 18.12 % (d.b.)	87
ตาราง ก - 9 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้น 25.72 % (d.b.)	90
ตาราง ก - 10 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้น 33.19 % (d.b.)	93
ตาราง ข - 1 สารละลายเกลืออิ่มตัว	98
ตาราง ข - 2 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสมมูลของเมล็ดพริกไทยดำแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 30°C	98
ตาราง ข - 3 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสมมูลของเมล็ดพริกไทยดำแบบคายความชื้นที่อุณหภูมิ 30°C	99
ตาราง ข - 4 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสมมูลของเมล็ดพริกไทยดำแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 40°C	99
ตาราง ข - 5 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสมมูลของเมล็ดพริกไทยดำแบบคายความชื้นที่อุณหภูมิ 40°C	99
ตาราง ข - 6 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสมมูลของเมล็ดพริกไทยดำแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 50°C	100

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตาราง ข – 7 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยดำ แบบคายความชื้นที่อุณหภูมิ 50°C	100
ตาราง ข – 8 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยดำ แบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 60°C	100
ตาราง ข – 9 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยดำ แบบคายความชื้นที่อุณหภูมิ 60°C	101
ตาราง ข – 10 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก แบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 30°C	101
ตาราง ข – 11 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก แบบคายความชื้นที่อุณหภูมิ 30°C	101
ตาราง ข – 12 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก แบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 40°C	102
ตาราง ข – 13 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก แบบคายความชื้นที่อุณหภูมิ 40°C	102
ตาราง ข – 14 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก แบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 50°C	102
ตาราง ข – 15 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก แบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 50°C	103
ตาราง ข – 16 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก แบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 60°C	103
ตาราง ข – 17 ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก แบบคายความชื้นที่อุณหภูมิ 60°C	103
ตาราง ข – 18 แบบจำลองความชื้นสัมพัทธ์ไอโซเทอมรูปแบบต่าง ๆ	104
ตาราง ข – 19 ผลวิเคราะห์ทางสถิติแบบจำลองต่าง ๆ ของเมล็ดพริกไทยดำแบบดูดความชื้น	104
ตาราง ข – 20 ผลวิเคราะห์ทางสถิติแบบจำลองต่าง ๆ ของเมล็ดพริกไทยดำแบบคายความชื้น	104

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตาราง ข - 21 ผลวิเคราะห์ทางสถิติแบบจำลองต่าง ๆ ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกแบบดูความชื้น	105
ตาราง ข - 22 ผลวิเคราะห์ทางสถิติแบบจำลองต่าง ๆ ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกแบบคายความชื้น	105
ตาราง ข - 23 ผลการทดลองหาน้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำ	106
ตาราง ข - 24 ผลการทดลองหาน้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	107
ตาราง ข - 25 ผลการทดลองหาความหนาแน่นรวมของเมล็ดพริกไทยดำ	108
ตาราง ข - 26 ผลการทดลองหาความหนาแน่นรวมของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	109
ตาราง ข - 27 ผลการทดลองหาความหนาแน่นเนื้อของเมล็ดพริกไทยดำ	110
ตาราง ข - 28 ผลการทดลองหาความหนาแน่นเนื้อของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	111
ตาราง ข - 29 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของเมล็ดพริกไทยดำ	112
ตาราง ข - 30 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	113
ตาราง ข - 31 ผลการทดลองหานุมกองเชิงสถิติของเมล็ดพริกไทยดำ	114
ตาราง ข - 32 ผลการทดลองหานุมกองเชิงสถิติของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	115
ตาราง ข - 33 ผลการทดลองหานุมกองเชิงพลวัตของเมล็ดพริกไทยดำ	116
ตาราง ข - 34 ผลการทดลองหานุมกองเชิงพลวัตของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	117
ตาราง ข - 35 ผลการทดลองหาการหดตัวของเมล็ดพริกไทยดำ	118
ตาราง ข - 36 ผลการทดลองหาการหดตัวของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	119
ตาราง ข - 37 ผลการทดลองหาความร้อนจำเพาะของเมล็ดพริกไทยดำ	120
ตาราง ข - 38 ผลการทดลองหาความร้อนจำเพาะของเมล็ดพริกไทยดำเปลือก	121
ตาราง ข - 39 ผลการทดลองการหาอัตราการอบแห้งของเมล็ดพริกไทยดำ	122
ตาราง ข - 40 ผลการทดลองการหาอัตราการอบแห้งของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	123

## สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 ปราภฏการณ์ฮีสเทอริซิส	8
รูปที่ 2.2 เครื่องมือวัดมุมของแรงเสียดทาน	12
รูปที่ 2.3 อุปกรณ์วัดมุมของเชิงสถิติ	13
รูปที่ 2.4 อุปกรณ์วัดมุมของเชิงพลวัต	13
รูปที่ 2.5 กราฟแสดงความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับเวลา	17
รูปที่ 2.6 กราฟแสดงอัตราการอบแห้ง	17
รูปที่ 3.1 เมล็ดพริกไทยดำ ตราไร่ทิพย์	20
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดลองการคายความชื้น	21
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดลองการดูดความชื้น	22
รูปที่ 3.4 ตู้อบไฟฟ้า	23
รูปที่ 3.5 ไมโครมิเตอร์	24
รูปที่ 3.6 การหาความชื้นสมมูล	27
รูปที่ 3.7 การทดลองหาความหนาแน่นเนื้อ	28
รูปที่ 3.8 อุปกรณ์สำหรับวัดมุมของ	29
รูปที่ 3.9 อุปกรณ์วัดมุมของเชิงสถิติ	30
รูปที่ 3.10 การทดลองการหัดตัว	30
รูปที่ 3.11 แคลอริมิเตอร์	31
รูปที่ 3.12 เครื่องอบแห้งแบบ Tray Dryer	32
รูปที่ 4.1 ขนาดเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำ	33
รูปที่ 4.2 ขนาดเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	33
รูปที่ 4.3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำ	34
รูปที่ 4.4 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	34
รูปที่ 4.5 น้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำ	35
รูปที่ 4.6 น้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	35
รูปที่ 4.7 ความเป็นทรงกลมของเมล็ดพริกไทยดำ	36

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.8 ความเป็นทรงกลมของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	36
รูปที่ 4.9 พื้นที่ผิวของเมล็ดพริกไทยดำ	37
รูปที่ 4.10 พื้นที่ผิวของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	37
รูปที่ 4.11 ความหนาแน่นรวมของเมล็ดพริกไทยดำ	38
รูปที่ 4.12 ความหนาแน่นรวมของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	38
รูปที่ 4.13 ความหนาแน่นเนื้อของเมล็ดพริกไทยดำ	39
รูปที่ 4.14 ความหนาแน่นเนื้อของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	39
รูปที่ 4.15 ความพรุนของเมล็ดพริกไทยดำ	40
รูปที่ 4.16 ความพรุนของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	40
รูปที่ 4.17 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของเมล็ดพริกไทยดำ	41
รูปที่ 4.18 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	42
รูปที่ 4.19 มุมกองวัสดุของเมล็ดพริกไทยดำ	43
รูปที่ 4.20 มุมกองวัสดุของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	43
รูปที่ 4.21 การหดตัวของเมล็ดพริกไทยดำ	44
รูปที่ 4.22 การหดตัวของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	44
รูปที่ 4.23 ความร้อนจำเพาะของเมล็ดพริกไทยดำ	45
รูปที่ 4.24 ความร้อนจำเพาะของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก	45
รูปที่ 4.25 Sorption isotherm ของเมล็ดพริกไทยดำแบบดูความชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ	47
รูปที่ 4.26 Sorption isotherm ของเมล็ดพริกไทยดำแบบคายความชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ	47
รูปที่ 4.27 Sorption isotherm ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก แบบดูความชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ	48
รูปที่ 4.28 Sorption isotherm ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก แบบคายความชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ	48
รูปที่ 4.29 Hysterisis ของเมล็ดพริกไทยดำที่อุณหภูมิ 30°C	49
รูปที่ 4.30 Hysterisis ของเมล็ดพริกไทยดำที่อุณหภูมิ 40°C	49
รูปที่ 4.31 Hysterisis ของเมล็ดพริกไทยดำที่อุณหภูมิ 50°C	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 4.32 Hysteresis ของเมล็ดพริกไทยดำที่อุณหภูมิ 60°C	50
รูปที่ 4.33 Hysteresis ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่อุณหภูมิ 30°C	51
รูปที่ 4.34 Hysteresis ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่อุณหภูมิ 40°C	51
รูปที่ 4.35 Hysteresis ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่อุณหภูมิ 50°C	52
รูปที่ 4.36 Hysteresis ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่อุณหภูมิ 60°C	52
รูปที่ 4.37 Drying curve ของเมล็ดพริกไทยดำที่อุณหภูมิต่าง ๆ	53
รูปที่ 4.38 Drying curve ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่อุณหภูมิต่าง ๆ	54
รูปที่ 4.39 อัตราส่วนความชื้นของเมล็ดพริกไทยดำที่อุณหภูมิต่าง ๆ	54
รูปที่ 4.40 อัตราส่วนความชื้นของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่อุณหภูมิต่าง ๆ	55



สัญลักษณ์

$C_c$	ความร้อนจำเพาะของคาลอรีมิเตอร์ (kJ/kg°C)
$C_p$	ความร้อนจำเพาะของเมล็ดพริกไทยดำ (kJ/kg°C)
$c_c$	ความจุความร้อนของคาลอรีมิเตอร์ (J/g.K)
$c_{pw}$	ความจุความร้อนของน้ำ = 4.187 J/g.K
$D$	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นรองรูปวงกลม (cm.)
$D_g$	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (mm.)
$d$	มวลของเมล็ดพริกไทยดำ (g)
$F$	แรงที่ใช้ยกแผ่นเพลท (N)
$H$	ความสูง (cm.)
$L$	ความยาว (mm.)
$M_d$	ความชื้นฐานแห้ง (%d.b.)
$m_1$	มวลรวมน้ำและคาลอรีมิเตอร์ (kg)
$m_2$	มวลรวมน้ำร้อนและคาลอรีมิเตอร์ (kg)
$m_c$	มวลของคาลอรีมิเตอร์ (kg)
$m_p$	มวลของเมล็ดพริกไทยดำ (kg)
$m_w$	มวลของน้ำ (kg)
$N$	น้ำหนักเมล็ดพริกไทยดำ (N)
$n$	จำนวนข้อมูลทั้งหมด
$p$	จำนวนพารามิเตอร์ในแบบจำลอง
$S_A$	พื้นที่ผิว (mm <sup>2</sup> )
$T$	ความหนา (mm )
$T_2$	อุณหภูมิน้ำร้อน 60 °C
$T_{eq}$	อุณหภูมิของน้ำที่อยู่ในสมดุล (°C)
$T_i$	อุณหภูมิเริ่มต้นของคาลอรีมิเตอร์ (°C)
$T_{ip}$	อุณหภูมิเริ่มต้นของเมล็ดพริกไทยดำ (°C)
$T_{iw}$	อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (°C)
$W$	ความกว้าง (mm.)
$W_{1000}$	น้ำหนักเฉลี่ย (g)
$w$	มวลของเมล็ดพริกไทยดำและน้ำ (g)
$y$	ค่าที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### สัญลักษณ์ (ต่อ)

$y_p$	ค่าที่ได้จากการทำนาย
$\varepsilon$	ความพรุน (%)
$\mu$	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน
$\rho_b$	ความหนาแน่นรวม ( $\text{kg/m}^3$ )
$\rho_s$	ความหนาแน่นเนื้อ ( $\text{kg/m}^3$ )
$\phi$	ความเป็นทรงกลม (%)
$\theta$	มุมของวัสดุ ( $^\circ$ )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

พริกไทยเป็นเครื่องเทศที่ใช้กันแพร่หลายมาเป็นเวลานาน มีแหล่งกำเนิดอยู่บริเวณเทือกเขาทางภาคตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศอินเดีย ปัจจุบันเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศที่มีอากาศร้อน เช่น บราซิล อินเดีย อินโดนีเซีย มาเลเซีย ไทย พริกไทยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Piper nigrum* Linn. อยู่ในวงศ์ Piperaceae มีชื่อเรียกตามท้องถิ่นว่าพริกน้อย ( ภาคเหนือ ) การขยายพันธุ์ทำโดยวิธีปักชำ โดยตัดส่วนลำต้นที่ไม่แก่จัดยาวประมาณ 5-7 ข้อ ปักชำไว้จนรากงอกออกมาแข็งแรง แล้วจึงนำไปปลูก โดยต้องทำค้ำไว้เกาะด้วย พริกไทยสามารถขึ้นได้ ในดินทั่ว ๆ ไปที่มีการระบายน้ำได้ดี และชอบอากาศที่อบอุ่นและชื้น ซึ่งอากาศแบบนี้จะอยู่แถวเส้นศูนย์ รัยของ และคราด ลักษณะลำต้นเป็นเถาเลื้อย มีรากเล็ก ๆ ออกตามข้อของลำต้นเพื่อใช้ในการยึดเกาะ ใบรูปไข่รียาวสลับกันไป ดอกเป็นช่อยาวออกตรงซอกใบ ดอกย่อยสมบูรณ์เพศสีขาว ผลมีลักษณะกลมจัด เรียงตัวแน่นอยู่บนแกน ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อสุกมีสีแดง พริกไทยแบ่งตามวิธีการเก็บและเตรียมได้เป็น 2 ชนิด คือพริกไทยดำ (black pepper) และพริกไทยอ่อน (white pepper) พริกไทยดำได้จากการเก็บผลพริกไทยที่เป็นผลโตเต็มที่ แก่แต่ยังไม่สุก เมื่อเก็บแล้วนำไปทำให้แห้ง โดยการตากแดดประมาณ 5 - 6 วัน ส่วนพริกไทยอ่อน นั้นได้จากการเก็บผลพริกไทยที่แก่จัด และผลเริ่มสุกเป็นสีแดง จากนั้นนำไปแช่น้ำเพื่อลอกเอาเปลือกชั้นนอกออกไป โดยจะใช้เวลาในการแช่ประมาณ 7 - 14 วัน หลังจากนั้นนำพริกไทยที่แช่น้ำมาวดเพื่อลอกเปลือกออก ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วนำไปตากแดดทันที โดยใช้เวลาในการตากแดดประมาณ 4-5 วัน ก็จะแห้งสนิท (นิรนาม 1, 2550)

การนำพริกไทยมาใช้ประโยชน์นอกจากจะใช้แต่งกลิ่นรสและถนอมอาหารแล้วยังนำมาใช้เป็นสมุนไพรด้วย ส่วนที่นำมาทำเป็นยา คือ ผลแก่จัด แต่ยังไม่สุก ( พริกไทยดำ ) โดยมีสรรพคุณตามตำรับยาไทยคือ ใช้เป็นยาขับลม แก้ท้องอืดเพื่อ บำรุงธาตุเจริญอาหาร ขับเหงื่อ ขับปัสสาวะและกระตุ้นประสาท ชาวจีนใช้พริกไทยระงับอาการปวดท้อง แก้ไข้มาลาเรีย แก้หิวาตโรค พริกไทยดำมีน้ำมันหอมระเหยมาก ประมาณร้อยละ 2 - 4 และมีสารแอลคาลอยด์เป็นสารสำคัญ เช่น Piperine ซึ่งเป็นตัวทำให้มีรสเผ็ด ส่วนพริกไทยขาว ( พริกไทยอ่อน ) มีน้ำมันหอมระเหยต่ำกว่าพริกไทยดำ ดังนั้นตัวที่ทำให้ช่วยขับลมก็คือ พวกน้ำมันหอมระเหยนั่นเอง (นิรนาม 2, 2550)

พริกไทยเป็นเครื่องเทศสำคัญ มีความจำเป็นที่ต้องใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อแต่งกลิ่นรส ในกระบวนการผลิตเมล็ดพริกไทยเพื่อนำมาใช้ประกอบอาหารต้องอาศัยการอบแห้งให้ความชื้นลดลงเพื่อการเก็บรักษา ก่อนนำเข้าสู่ขั้นตอนการผลิต ดังนั้นในการพัฒนาการแปรรูปเมล็ดพริกไทยจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของเมล็ดพริกไทยดำและเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีอยู่ให้เหมาะสมรวมทั้งการเก็บรักษาอย่างเป็นระบบ

### 1.2 ขอบเขตงานวิจัย มีดังนี้

1. หาความชื้นสมดุลของเมล็ดพริกไทยที่อุณหภูมิ 30 , 40 , 50 และ 60 °C และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 10 - 90 % โดยวิธี adsorption และ desorption
2. หาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพริกไทยที่ความชื้นต่าง ๆ 5 ความชื้น ได้แก่
  - ขนาด (Physical Dimensions)
  - ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (Geometric Mean Diameter)
  - น้ำหนักเฉลี่ย (1000 Grain Weight)
  - ความเป็นทรงกลม (Sphericity)
  - พื้นที่ผิว (Surface Area)
  - ความหนาแน่นรวม (Bulk Density)
  - ความหนาแน่นเนื้อ (True Density)
  - ความพรุน (Porosity)
  - ความเสียดทาน (Friction)
    - สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (Coefficient of Friction)
    - มุมกองวัสดุ (Angle of repose)
  - การหดตัว (Shrinkage)
  - ความร้อนจำเพาะ (Specific Heat)
  - อัตราการอบแห้งแบบชั้นบาง

### 1.3 ประโยชน์

ข้อมูลค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองการอบแห้งเมล็ดพริกไทย เป็นข้อมูลสำคัญในการอบแห้ง กล่าวคือข้อมูลนี้ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของเมล็ดพริกไทยที่อุณหภูมิต่าง ๆ ซึ่งความชื้นมีความสำคัญต่อเมล็ดพริกไทย เช่น ถ้าความชื้นมีค่าสูงทำให้

เมล็ดพริกไทยเกิดเชื้อราขึ้นคุณภาพของเมล็ดพริกไทยต้องเสียไปแต่ถ้าความชื้นต่ำก็จะทำให้เสียน้ำหนัก เพื่อทำนายความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ทำให้สามารถเลือกสภาพการเก็บที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการหาคุณสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของเมล็ดพริกไทยนี้มีความสำคัญมาก ในการออกแบบเครื่องอบแห้ง โรงเรือน การเก็บรักษาอาจใช้เป็นแนวทางในการวิจัยหาความชื้นสัมพัทธ์ และคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพริกชนิดต่าง ๆ ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพริกไทย

##### 2.1.1 ลักษณะพริกไทย

ลักษณะลำต้นเป็นเถาเลื้อย มีรากเล็ก ๆ ออกตามข้อของลำต้น เพื่อใช้ในการยึดเกาะ ใบเดี่ยวรูปไข่เรียงสลับกันไป ปลายใบแหลม กว้าง 5 - 14 ซม. ยาว 13 - 18 ซม. ดอกเป็นช่อยาว ออกตรงซอกใบ ดอกย่อยสมบูรณ์เพศสีขาว ผลมีลักษณะกลมจัด เรียงตัวแน่นอยู่บนแกน ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อสุกมีสีแดง (นิรนาม 3, 2550)

##### 2.1.2 ประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการของพริกไทย

###### 2.1.2.1 ประโยชน์ทางอาหาร

พริกไทยเป็นเครื่องเทศปรุงรสอาหารระดับสากล คือจะพบมีอยู่ทั่วไปประจำโต๊ะอาหาร และใช้ได้กับอาหารทุกชนิดทั่วโลก โดยเฉพาะกับผลิตภัณฑ์เนื้อ เนื่องจากพริกไทยมีคุณสมบัติในการถนอมรักษาอาหาร จึงใช้มากในกิจการผลิตเนื้อกระป๋อง เนื้อคอง เนื้ออบ และไส้กรอก เป็นต้น

###### 2.1.2.2 สรรพคุณทางยา

พริกไทยมีสารประกอบที่สำคัญ คือ ไพเปอรีน (piperine) ซึ่งเป็นสารอัลคาลอยด์ที่มีประโยชน์ทางยา มีสรรพคุณในการระงับปวด เป็นสารต้านจุลชีพ สามารถฆ่าแบคทีเรีย และฆ่าเชื้อในระบบย่อยอาหาร สามารถเป็นยาระบาย ขับปัสสาวะ ช่วยย่อยอาหาร ขับเสมหะ และกระตุ้นระบบไหลเวียนเลือด ในการแพทย์แผนจีนใช้พริกไทยขาวในการรักษาไข้มาเลเรีย โรคท้องเสีย ปวดท้อง และอาการทางระบบย่อยอาหาร ส่วนพริกไทยดำใช้ในการลดไข้ รักษาอาการทางหลอดลม ขับลม บรรเทาอาการท้องเสีย คลื่นไส้ อาเจียน และกระตุ้นการไหลเวียนของโลหิต พริกไทยมีฤทธิ์ต่อระบบกล้ามเนื้อ สามารถช่วยคลายอาการเกร็งและปวดกล้ามเนื้อต่าง ๆ (นิรนาม 4, 2550)

###### 2.1.2.3 คุณค่าทางโภชนาการ

พริกไทย ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต เส้นใย โปรตีน (11.3 %) แป้ง (50 %) แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอาซิน วิตามินซี มีน้ำมันหอมระเหยที่มีสีเหลืองราว 1 - 2 % เช่น โมโนเทอร์ปีน (monoterpene) เซสควิเทอร์ปีน (sesquiterpene) ไบปีน โอลิโอเรซิน 12 - 14 % ประกอบด้วยสารที่ให้กลิ่นฉุนเป็นแอลคาลอยด์ คือ ไพเปอรีน (piperine) สารที่ให้รสเผ็ดคือ คาวิซิน (chavicine) ประมาณ 1 % และสารพวกฟีนอลิกซ์ (Phenolics)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 ความสำคัญต่อเศรษฐกิจของพริกไทย

ปัจจุบันพริกไทยเป็นพืชเครื่องเทศและสมุนไพรที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมากขึ้น ปลูกมากที่จังหวัดจันทบุรี รองลงมา คือ ชุมพร ระนอง ตราดส่งออกที่สำคัญได้แก่ สิงคโปร์ เนเธอร์แลนด์ เยอรมัน ญี่ปุ่น เวียดนาม สหรัฐอเมริกา

ตารางที่ 2.1 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกรายเดือน (นิรนาม 5, 2550)

เดือน	ปริมาณ : ตัน					
	มูลค่า : ล้านบาท					
	ปี 2548		ปี 2549		ปี 2550	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
ม.ค.	121	3.31	50	2.17	27	2.99
ก.พ.	218	5.34	118	3.81	258	8.23
มี.ค.	329	8.90	111	4.36	272	7.73
เม.ย.	99	4.21	49	2.00	74	4.89
พ.ค.	155	4.18	49	2.25	61	4.65
มิ.ย.	108	3.75	70	3.87	100	3.95
ก.ค.	131	4.97	18	1.65	15	2.08
ส.ค.	22	2.06	38	3.29	47	2.82
ก.ย.	11	0.97	99	3.73	48	7.22
ต.ค.	18	1.77	14	1.32	62	6.45
พ.ย.	71	3.03	28	3.62	11	2.23
ธ.ค.	60	3.04	44	3.26	114	5.97
รวม	1,343	45.53	689	35.33	1,090	59.21

### 2.2 ความชื้นสมดุลย์ (Equilibrium Moisture Content)

เมื่อนำเมล็ดพริกไทยไปเก็บภายใต้สภาวะอากาศคงที่เป็นระยะเวลาานานพอ ซึ่งพบว่าความชื้นเมล็ดพริกไทยจะมีค่าคงที่ไม่ว่าความชื้นขณะก่อนเก็บจะมีค่าเท่าใดค่าความชื้นดังกล่าวเรียกว่า ความชื้นสมดุลย์ จากการศึกษาพบว่าความชื้นสมดุลย์ของวัสดุชนิดใดชนิดหนึ่งที่เฉพาะเจาะจงจะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ คือ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นสมดุลย์เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ และจำเป็นต่อการวิเคราะห์การอบแห้งและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เกษตร

เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในเมล็ดพืชและเป็นสาเหตุส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการเน่าเสียถ้ามีความชื้นมากเกินไป ดังนั้นในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ จึงจำเป็นต้องมีการอบแห้งเพื่อนำน้ำออกให้ถึงระดับปลอดภัยต่อการเก็บรักษา การศึกษาอัตราการอบแห้งจึงมีส่วนสำคัญในการที่จะออกแบบอุปกรณ์ที่เหมาะสมซึ่งช่วยให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้นานหรือเก็บไว้เพื่อรอการส่งออก (นิรนาม 6, 2550) ซึ่งการลดความชื้นลงหรือการอบแห้งนี้มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อผลิตภัณฑ์ เช่น เมล็ดหาคั่ว ปริมาตรมีการเปลี่ยนแปลง ความหนาแน่นปรากฏ สัดส่วนช่องว่างอากาศ และความชื้นจำเพาะเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น การศึกษาพารามิเตอร์เหล่านี้จึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการวิเคราะห์การอบแห้ง

ได้มีผู้คิดรูปแบบสมการความชื้นสมดุลต่าง ๆ ทั้งทางทฤษฎี สมการกึ่งทฤษฎี (Semi-Empirical) และสมการที่ได้จากการทดลอง (Empirical) สำหรับอธิบายความชื้นสมดุลของเมล็ดพืชตลอดช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 0 – 100 % ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้แก่ สมการทางทฤษฎีของ Kelvin(1871), Langmuir(1918), Brunauer, Emmette and Teller (BET) (1938) และ Harkins and Jura (ชอบ ลายทอง, 2530)

สมการทางทฤษฎีให้ผลได้จำกัดจึงได้มีการสร้างสมการกึ่งทฤษฎี (Semi-Empirical) และสมการที่ได้จากการทดลองขึ้น สมการกึ่งทฤษฎีที่รู้จักกันดีคือสมการของ Henderson (1952)

$$1-rh = \exp(-KT(M_{eq})^N) \quad (2.2.1)$$

เมื่อ	$K, N$	=	ค่าคงที่ของเมล็ดพืชแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ
	$M_{eq}$	=	ค่าความชื้นสมดุล (% ฐานแห้ง)
	$rh$	=	ความชื้นสัมพัทธ์ (จุดทศนิยม)
	$T$	=	อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

สมการทางทฤษฎีที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่มียสมการใดที่สามารถอธิบายความชื้นสมดุลได้อย่างถูกต้องตลอดช่วงของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ต้องการพิจารณา สมการทฤษฎีที่จัดว่าสามารถใช้อธิบายความชื้นสมดุลได้ดีพอควรคือสมการของ Chung & Pfof (1967)

$$\ln(rh) = \frac{-A}{R_0 T} \exp(-B M_e) \quad (2.2.2)$$

เมื่อ	$M_c$	=	ความชื้นสมดุล (จุดทศนิยมฐานแห้ง)
	T	=	อุณหภูมิ (K)
	A,B	=	ค่าคงที่สมดุล
	Rh	=	ความชื้นสัมพัทธ์ (จุดทศนิยม)

Bala(1983) ได้กล่าวถึงสมการ Chung & Pfof ว่าสามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ของความชื้นสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 20 – 90 % ได้ดีที่สุด ส่วนสมการของ Henderson มีความเหมาะสมสำหรับวัสดุพวกแป้ง

### 2.2.1 วิธีการหาความชื้นสมดุล

วิธีการหาค่าความชื้นสมดุลมีอยู่ 2 วิธี ได้แก่ วิธีสถิตย์และวิธีจลน์ (Bala, 1983)

#### 2.2.1.1 วิธีสถิตย์

วิธีสถิตย์เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายมาก่อน หลักการคือจะให้ความชื้นของเมล็ดพืชเข้าสู่สมดุลกับอากาศรอบ ๆ ซึ่งอยู่หนึ่ง วิธีสถิตย์นี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ หาความชื้นของเมล็ดพืชในภาชนะปิดโดยการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิให้คงที่ ซึ่งการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้คงที่นี้จะใช้สารละลายเกลืออิ่มตัวหรือสารละลายกรด และขังน้ำหนักของเมล็ดพืชจนกระทั่งน้ำหนักของเมล็ดพืชไม่เปลี่ยนแปลงซึ่งเมื่อน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลงก็แสดงว่าเมล็ดพืชเข้าสู่สมดุลแล้ว และความชื้นของเมล็ดพืชขณะนั้นก็คือความชื้นสมดุลนั่นเอง วิธีแบบนี้เป็นวิธีที่ยอมรับได้ แต่มีข้อเสียคือใช้เวลานานหลายวันหรือหลายอาทิตย์ในการทำให้เมล็ดพืชเข้าสู่สมดุล และที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 80 % อาจเกิดเชื้อราขึ้นที่ผิวของเมล็ดพืชก่อนที่จะถึงจุดสมดุลทำให้ความชื้นสมดุลมีค่ามากกว่าความเป็นจริง

วิธีสถิตย์อีกแบบหนึ่งเป็นการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สมดุลกับเมล็ดพืชที่ทราบค่าความชื้นภายในภาชนะปิดที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์นี้สามารถวัดได้โดยใช้ไฮโกรมิเตอร์ เมื่อความชื้นสัมพัทธ์มีค่าคงที่ก็แสดงว่าเมล็ดพืชเข้าสู่สมดุลแล้ว วิธีแบบนี้ถ้าจำกัดปริมาณอากาศรอบ ๆ เมล็ดพืชให้น้อยที่สุดจะช่วยให้ถึงจุดสมดุลในระยะเวลาที่รวดเร็วขึ้นกว่าแบบแรก

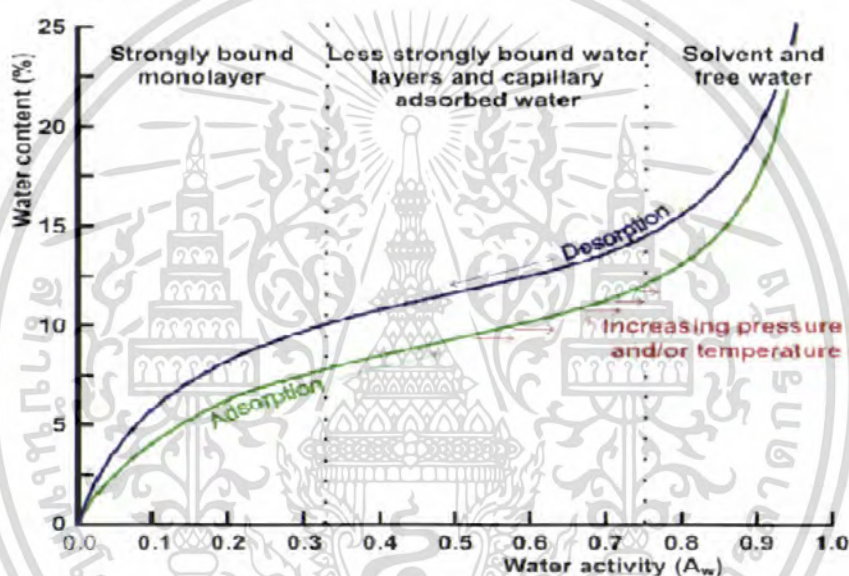
#### 2.2.1.2 วิธีจลน์

วิธีจลน์เป็นวิธีที่ปรับปรุงมาจากวิธีสถิตย์ มีลักษณะเหมือนวิธีสถิตย์ต่างกันตรงที่วิธีจลน์อากาศรอบ ๆ เมล็ดพืชจะมีการเคลื่อนที่ในขณะที่วิธีสถิตย์อากาศจะอยู่หนึ่ง จึงทำให้วิธีจลน์เมล็ดพืชเข้าสู่สมดุลเร็วกว่าวิธีสถิตย์มาก คือใช้เวลาประมาณ 1 - 2 วัน หรือน้อยกว่า แต่มีข้อเสียคือ

การควบคุมสภาวะของอากาศซึ่งเคลื่อนที่ให้มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์คงที่มีความยุ่งยากและซับซ้อน

### ฮิสเทอรีซิส (Hysteresis)

การที่เมื่อดัชนีเข้าสู่ความชื้นสมดุลโดยการคายความชื้นหรือดูดความชื้น ค่าความชื้นสมดุลอาจต่างกัน ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ฮิสเทอรีซิส ฮิสเทอรีซิสเป็นเส้นโค้ง isotherm ของความชื้น ดังรูป 2.1 แสดงลักษณะฮิสเทอรีซิสของการดูดความชื้นและการคายความชื้น ซึ่งจะพบว่าที่ค่า  $a_w$  เท่ากัน ในเส้นกราฟของการคายความชื้นจะมีปริมาณความชื้นมากกว่าเส้นกราฟการดูดความชื้น (นิรนาม 7, 2550)



รูปที่ 2.1 ปรากฏการณ์ฮิสเทอรีซิส

### ปริมาณน้ำของแต่ละช่วงในเส้นกราฟไอโซเทอม

ช่วงที่ 1 น้ำที่อยู่ในช่วงนี้ หมายถึง น้ำที่อยู่ในชั้นเดี่ยวซึ่งเป็นน้ำที่มีผลต่อค่า  $a_w$  น้ำในชั้นนี้ค่อนข้างคงตัว และไม่สามารถทำให้เกิดการแข็งตัวได้ที่อุณหภูมิใด ๆ อาหารที่ประกอบด้วยส่วนประกอบที่ละลายน้ำได้และมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยส่วนใหญ่จะมีน้ำชั้นเดี่ยวน้อย

ช่วงที่ 2 การจับกันของน้ำในบริเวณนี้จะไม่แน่นเหมือนชั้นเดี่ยว โดยการดูดซับของน้ำจะเป็นแบบหลายชั้น (multilayer)

ช่วงที่ 3 น้ำที่อยู่ในช่วงนี้จะเป็นน้ำอิสระ ไม่มีการจับกันโดยทางกลอย่างแท้จริง แต่จะมีการจับกันด้วยแรงที่ค่อนข้างอ่อน ซึ่งสามารถได้จากความชันของกราฟที่ค่อนข้างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ความสำคัญและการใช้ประโยชน์ของชอร์พชั่นไอโซทอม

ชอร์พชั่น ไอโซทอมของความชื้นใช้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงความคงตัวของอาหาร และประเมินอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังใช้สำหรับเลือกชนิดของภาชนะบรรจุโดยใช้ข้อมูลจากชอร์พชั่น ไอโซทอมพิจารณาเลือกภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้ และยังช่วยในการทำนายปริมาณความชื้นวิกฤตหรือ  $a_w$  ได้อีกด้วย

### 2.3 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นเป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ยิ่งวัตถุมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อหน่วยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่งคือวัตถุที่มีความหนาแน่นสูง เช่น เหล็ก จะมีปริมาตรน้อยกว่าวัตถุความหนาแน่นต่ำ เช่น น้ำ ที่มีมวลเท่ากัน โดยคำนวณจากสมการ

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.3.1)$$

เมื่อ  $\rho$  = ความหนาแน่นของวัสดุ,  $\text{Kg/m}^3$   
 $m$  = มวลของวัสดุ,  $\text{Kg}$   
 $v$  = ปริมาตรของวัสดุ,  $\text{m}^3$

โดยความหนาแน่นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ความหนาแน่นเนื้อ (Solid Density) และ ความหนาแน่นรวม (Bulk Density)

#### 2.3.1 ความหนาแน่นเนื้อ (Solid Density)

เป็นค่าที่คำนวณจากเนื้อวัสดุล้วน ๆ ซึ่งให้เห็นถึงความแน่นของเนื้อวัสดุ หากนำค่าความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลางของโลกมาคูณค่าของความหนาแน่นเนื้อจะเปลี่ยนค่าเป็นน้ำหนักจำเพาะของวัสดุ (Specific weight) ซึ่งมีหน่วยเป็น หน่วยน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร ในระบบ SI เป็น  $\text{N/m}^3$  ส่วนระบบอังกฤษเป็น  $\text{lb/ft}^3$

#### 2.3.2 ความหนาแน่นรวม (Bulk Density)

ความหนาแน่นรวม หมายถึง ความหนาแน่นของวัสดุปริมาณมวล ซึ่งคำนวณจากมวลของวัสดุหารด้วยปริมาตรรวมของวัสดุ ซึ่งปริมาตรรวมนั้นรวมปริมาตรของช่องว่างระหว่างวัสดุเอง และวัสดุกับภาชนะที่บรรจุด้วย ค่าความหนาแน่นรวมของวัสดุขึ้นกับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง เช่น ความหนาแน่นเนื้อ รูปร่าง ขนาด ลักษณะผิว ความชื้น สิ่งปะปน วิธีการบรรจุ และวิธีการวัด หน่วยของความหนาแน่นรวมเหมือนกับความหนาแน่นเนื้อ สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$\rho_0 = \text{มวลของวัสดุในภาชนะบรรจุ} / \text{ปริมาตรของภาชนะบรรจุ}$$

## 2.4 ความพรุน (Porosity)

ความพรุนเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงปริมาณช่องว่างที่มีอยู่ในกองวัสดุปริมาณมวล ความพรุน ( $\varepsilon$ ) มีค่าเท่ากับ สัดส่วนของปริมาตรอากาศต่อปริมาตรรวม ดังเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\varepsilon = \text{ปริมาตรของอากาศที่แทรกอยู่ตามรูพรุน} / \text{ปริมาตรรวมของวัสดุ}$$

ค่าความพรุนเปลี่ยนแปลงตามรูปร่าง ขนาด และลักษณะผิวของวัสดุ ความสัมพันธ์ระหว่างความพรุน ความหนาแน่นรวม และความหนาแน่นเนื้อ อธิบายได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \therefore \text{ความพรุน } \varepsilon &= \text{ปริมาตรของอากาศที่แทรกอยู่ตามรูพรุน} / \text{ปริมาตรรวมของวัสดุ} \\ &= (\text{ปริมาตรรวมของวัสดุ} - \text{ปริมาตรวัสดุ}) / \text{ปริมาตรรวมของวัสดุ} \\ &= 1 - (\text{ปริมาตรเนื้อ} / \text{ปริมาตรรวม}) \end{aligned}$$

มวลของเนื้อวัสดุและมวลของปริมาตรรวมคือค่าเดียวกัน และแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ด้วยสมการ (Karababa, 2006) ดังนี้

$$\varepsilon = \left( \frac{\rho_k - \rho_b}{\rho_k} \right) \times 100 \quad (2.4.1)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \text{ความพรุน} \\ \rho_k &= \text{ความหนาแน่นเนื้อ, กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร} \\ \rho_b &= \text{ความหนาแน่นรวม, กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร} \end{aligned}$$

## 2.5 ขนาด (Physical Dimensions)

หากวัสดุมีรูปร่างเป็นทรงกลมกำหนดขนาดจากเส้นผ่านศูนย์กลางได้เลย หากมีรูปร่างคล้ายทรงกลมหรือไม่เป็นทรงกลม สามารถกำหนดขนาดจากเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต ซึ่งพิจารณาได้ง่าย ๆ จากการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุด (L) เส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ L (W) และเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ L และ W (T) นั่นคือ L W และ T ไม่จำเป็นต้องตัดกันที่จุดเดียวกัน การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่าง ๆ ทำได้โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์หรือ ไมโครมิเตอร์ โดยคำนวณจากสมการ (Karababa, 2006) ดังนี้

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (2.5.1)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} D_g &= \text{เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต, มิลลิเมตร} \\ L &= \text{ความยาว, มิลลิเมตร} \\ W &= \text{ความกว้าง, มิลลิเมตร} \\ T &= \text{ความหนา, มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 น้ำหนักเฉลี่ย (1000 Grain Weight)

น้ำหนักเฉลี่ยของวัสดุคำนวณได้จากสมการ (Bala, 1983) ดังนี้

$$W_{1000} = \frac{\sum M}{100} \times 10 \quad (2.6.1)$$

เมื่อ  $W_{1000}$  = น้ำหนักเฉลี่ย, กรัม  
 $M$  = มวลวัสดุแต่ละเม็ด, กรัม

## 2.7 ความเป็นทรงกลม (Sphericity)

การบ่งบอกความเป็นทรงกลมของวัสดุนั้น คำนวณได้จากสมการ (Karababa, 2006) ดังนี้

$$\phi = D_g / L \quad (2.7.1)$$

เมื่อ  $\phi$  = ความเป็นทรงกลม  
 $D_g$  = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต, มิลลิเมตร  
 $L$  = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุด, มิลลิเมตร

## 2.8 พื้นที่ผิว (Surface Area)

พื้นที่เป็นค่าที่แสดงขอบเขตของวัสดุใน 2 มิติ มีหน่วยเป็น  $m^2$  ในระบบ SI หรือหน่วย  $ft^2$  ในระบบอังกฤษ ( $1 m^2 = 10.76 ft^2$ ) ในกระบวนการทางกายภาพและทางเคมีนั้นอัตราการทำปฏิกิริยาแปรผันตามพื้นที่ผิว ดังนั้นจึงมักต้องการให้พื้นที่ผิวของวัสดุมาก ในกระบวนการอบแห้งและการหมักอาหารมักเตรียมวัสดุเป็นชิ้นหรือก้อนเพื่อช่วยให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น และช่วยให้อากาศแทรกเข้าไปในวัสดุได้ง่ายขึ้น เพิ่มอัตราการถ่ายเทออกซิเจนให้มากขึ้น

พื้นที่ผิวของเม็ดพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดธัญพืช เป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการถ่ายเทความร้อน และมวลสารของเมล็ดธัญพืช เช่น การอบแห้ง การทำให้เย็น เป็นต้น ทั้งยังเกี่ยวข้องกับความสมบูรณ์ของเมล็ดพืชอีกด้วย เช่น เมล็ดที่ถูกเชื้อราหรือเชื้อไวรัสทำลายจะมีพื้นที่ผิวเปลี่ยนแปลงไป

พื้นที่ผิวของเมล็ดพืชสัมพันธ์กับคุณสมบัติอื่น ๆ ของเมล็ดพืช เช่น พื้นที่ภาพฉาย เส้นรอบรูป (Perimeter) มิติต่าง ๆ (Dimensions) น้ำหนัก เป็นต้น สามารถหาได้จากสมการ (Karababa, 2006) ดังนี้

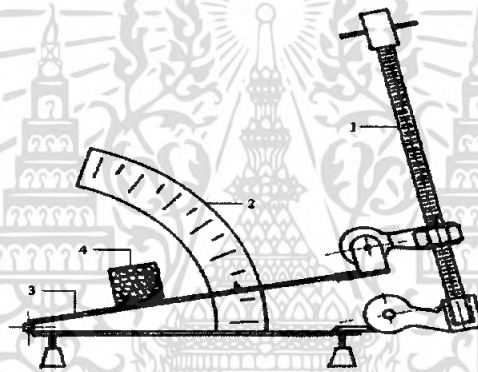
$$S_A = \pi D_g^2 \quad (2.8.1)$$

เมื่อ  $S_A$  = พื้นที่ผิว, ตารางมิลลิเมตร  
 $D_g$  = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต, มิลลิเมตร

## 2.9 ความเสียดทาน (Friction)

### 2.9.1 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (Coefficient of Friction)

สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสามารถหาได้โดยใช้อุปกรณ์ง่าย ๆ ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้หาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์ โดยนำวัสดุที่ต้องการหาค่าไปวางลงบนแผ่นเอียงแล้วค่อย ๆ ยกแผ่นเอียงขึ้นจนกระทั่งวัสดุเริ่มเคลื่อนที่ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์จะเป็นค่าแทนเงืง์ (tangent) ของมุมที่แผ่นเอียงทำกับพื้นราบ



รูปที่ 2.2 เครื่องมือวัดมุมของแรงเสียดทาน

### 2.9.2 มุมของวัสดุ (Angle of repose)

#### 2.9.2.1 มุมของเชิงสถิตย์ (Static angle of repose)

มุมของเชิงสถิตย์ หมายถึง มุมของที่วัสดุทำกับพื้นราบ ในการหาค่ามุมของเชิงสถิตย์อาจใช้อุปกรณ์ง่าย ๆ ดังรูปที่ 2.4 โดยเทเม็ลคพริกไทยแต่ละชนิดลงในกรวยจนเต็ม แล้วปล่อยเม็ลคพริกไทยจากกรวยที่ความสูง 15 เซนติเมตร ลงบนแผ่นรองรูปวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร หลังจากนั้นทำการวัดความสูงของกองเม็ลคพริกไทย (H) คำนวณค่า  $\theta$  จากสมการ (Amin et al., 2004)

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{2H}{D}\right)$$



รูปที่ 2.3 อุปกรณ์วัดมุมกองเชิงพลวัต

#### 2.9.2.2 มุมกองเชิงพลวัต (Dynamic angle of repose)

มุมกองเชิงพลวัตใช้อุปกรณ์ตามรูปที่ 2.5 โดยค่อยๆ เทเมล็ดพืชไทยแต่ละชนิด ผ่านกรวยลงในกล่องที่มีฝาด้านหนึ่งใต จากนั้นใช้กระดาษทานเพื่อวัดมุมของเมล็ดพืชไทยที่เอียง ทำมุมอยู่ในกล่อง อ่านค่ามุมที่ได้ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 อุปกรณ์วัดมุมกองเชิงพลวัต

## 2.10 การหดตัว (Shrinkage)

การหดตัวของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรระหว่างการอบแห้งเป็นปรากฏการณ์ที่สังเกตเห็นได้และมีผลกระทบสำคัญต่อการอัตราอบแห้งและการกระจายของอุณหภูมิ โดยเฉพาะในขณะการอบแห้งแบบถังลึกของเมล็ดพืช

อัตราการเปลี่ยนแปลงการหดตัวของเมล็ดพืชสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณความชื้น จากปริมาณความชื้นเริ่มต้นซึ่งพหุพอเหมาะกับความแตกต่างระหว่างการหดตัวสูงสุดที่เป็นไปได้กับการหดตัวที่เกิดขึ้นจริง ตัวอย่างสมการอบแห้งแบบถังลึกของข้าวบาร์เลย์ (Bala, 1983)

$$S = 15.91(1 - \exp(-0.0966 (M_{u0} - M_w)))$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เมื่อ	$M_{w_0}$	=	ความชื้นเริ่มต้นของวัสดุ (% w.b.)
	$M_w$	=	ความชื้นสุดท้ายของวัสดุ (% w.b.)
	S	=	การหดตัว

## 2.11 ความร้อนจำเพาะ (Specific Heat)

ความร้อนจำเพาะ คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องการในการทำให้วัสดุที่มีมวลหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิสูงขึ้นหนึ่งองศา ค่าความร้อนจำเพาะมีค่าไม่คงที่แต่จะมีค่าแปรเปลี่ยนไปเล็กน้อยตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

จากกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์

$$\Delta U = Q + W \quad (2.11.1)$$

เนื่องจาก ไม่มี work, W และ ความร้อนสูญเสีย, Q

$$\therefore \Delta U = 0$$

แต่  $H = U + PV$

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V + V\Delta P \quad (2.11.2)$$

เนื่องจากว่า P และ V คงที่ ทำให้  $\Delta V = \Delta P = 0$

$$\therefore \Delta H = \Delta U = 0$$

$$\text{หรือ} \quad \sum \Delta H = 0 \quad (2.11.3)$$

$$\Delta H_{\text{น้ำ}} + \Delta H_{\text{พริกไทย}} + \Delta H_{\text{แกออร์มิเตอร์}} = 0$$

$$m_w C_{pw}(T_{eq} - T_{wi}) + m_p C_p(T_{eq} - T_{pi}) + m_c C_c(T_{eq} - T_{wi}) = 0 \quad (2.11.4)$$

เมื่อ

$\Delta U$	=	พลังงานภายใน, kJ
Q	=	พลังงานความร้อนที่สูญเสียไป, kJ
W	=	งานที่เกิดขึ้นในระบบ, kJ
H	=	เอนทาลปี, kJ/kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$V$	=	ปริมาตร, $\text{cm}^3$
$C_c$	=	ความร้อนจำเพาะของคาลอรีมิเตอร์, $\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$
$C_p$	=	ความร้อนจำเพาะของเมล็ดพริกไทยดำ, $\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$
$C_{pw}$	=	ความจุความร้อนของน้ำ = $4.187 \text{ J/g.K}$
$T_{eq}$	=	อุณหภูมิของน้ำที่อยู่ในสมดุล, $^\circ\text{C}$
$T_w$	=	อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ, $^\circ\text{C}$
$T_{pi}$	=	อุณหภูมิเริ่มต้นของเมล็ดพริกไทยดำ, $^\circ\text{C}$
$m_w$	=	มวลของน้ำ, $\text{kg}$
$m_p$	=	มวลของเมล็ดพริกไทยดำ, $\text{kg}$
$m_c$	=	มวลของคาลอรีมิเตอร์, $\text{kg}$

## 2.12 การอบแห้ง

การอบแห้งเป็นกระบวนการถนอมอาหารอย่างหนึ่ง โดยทั่วไปแล้วการลดความชื้นลงถึงระดับปลอดภัยเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งสามารถรักษาคุณค่าทางโภชนาการและกลิ่นของอาหารไว้ได้ อย่างไรก็ตามเพื่อให้ได้ซึ่งคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจำเป็นจะต้องเข้าใจถึงพื้นฐานการอบแห้ง

หลักการอบแห้งโดยทั่วไปมีจุดประสงค์หลัก 2 ประการคือ เพื่อต้องการลดปริมาณน้ำในอาหารเพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์และเพื่อต้องการลดน้ำหนักของอาหารเพื่อสะดวกต่อการขนส่ง

### 2.12.1 ทฤษฎีทั่วไปของการอบแห้ง

กระบวนการอบแห้งส่วนมากใช้อากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังผลิตภัณฑ์และการถ่ายเทมวลความชื้นจากผลิตภัณฑ์ไปยังอากาศ ความร้อนจากอากาศที่ผลิตภัณฑ์ได้รับส่วนใหญ่มักจะถูกใช้ในการระเหยน้ำจากผลิตภัณฑ์ อัตราการระเหยน้ำหรืออัตราการอบแห้งจะคงที่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะลดลง โดยทั่วไปอัตราการอบแห้งของผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ จะสัมพันธ์กับสภาวะอากาศที่ใช้ในการอบแห้งในรูปของสมการอบแห้งชั้นบาง

### 2.12.2 กลไกการอบแห้ง

ในกระบวนการอบแห้งใด ๆ ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อวัสดุมักนิยามไว้ว่าอัตราส่วนของมวลของน้ำต่อหน่วยมวลของวัสดุแห้งซึ่งเรียกปริมาณนี้ว่า ความชื้น (moisture content) สามารถเขียนคำจำกัดความได้ดังนี้

$$X = \frac{M_w}{M_s} \quad (2.12.1)$$

เมื่อ	X	=	อัตราส่วนความชื้น
	$M_w$	=	มวลของน้ำ
	$M_s$	=	มวลของวัสดุแห้ง

การศึกษาถึงกลไกในการเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งและอัตราการอบแห้งของวัสดุใดๆสามารถดูได้จากกราฟแสดงลักษณะเฉพาะของการอบแห้งของวัสดุชนิดนั้น ๆ (drying characteristic curve) ซึ่งโดยทั่วไปแสดงเป็น 2 ลักษณะ คือ

- กราฟแสดงความชื้นที่เปลี่ยนไปเทียบกับเวลา
- กราฟแสดงอัตราการอบแห้ง

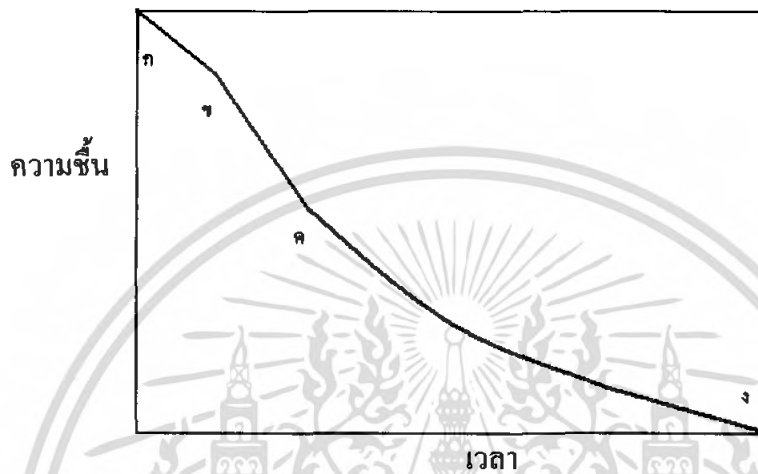
กรณีแรกดูได้จากรูปที่ 2.6 ส่วนอัตราการอบแห้งแสดงในรูปที่ 2.7 จะเห็นได้ว่าเป็น 3 ช่วง แบ่งช่วงของการอบแห้งออกเป็น 3 ช่วง คือ

**2.12.2.1 ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ** ได้แก่ ช่วง กข ในกราฟช่วงนี้สภาพที่ผิวหน้าวัสดุจะเปียกชื้นมากทำให้อากาศร้อนได้สัมผัสกับผิวหน้าอย่างเต็มที่ อัตราการอบแห้งเริ่มมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำและวัสดุเริ่มสูงขึ้นนั่นเอง ซึ่งตามทฤษฎีแล้วอุณหภูมิของวัสดุในช่วงนี้จะมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศร้อน

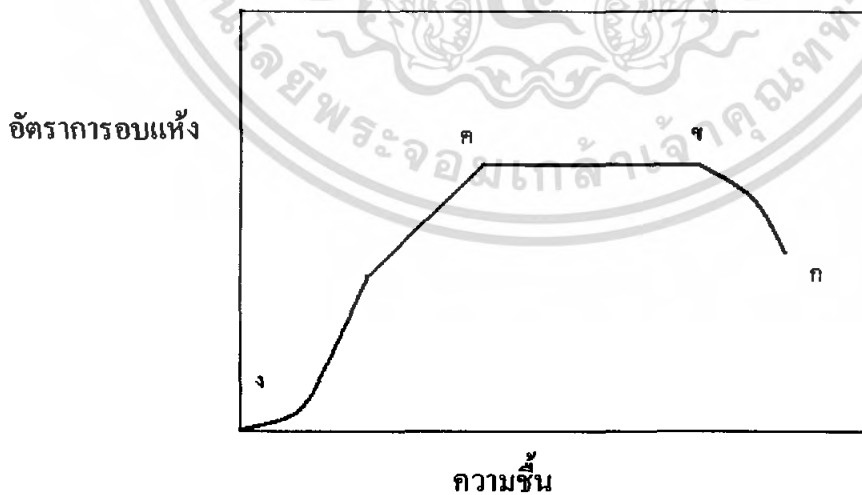
**2.12.2.2 ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่** ได้แก่ ช่วง ขค ในกราฟช่วงนี้อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าคงที่ตลอด ซึ่งทำให้ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับถูกใช้ไปในการระเหยความชื้นออกจากวัสดุเท่านั้น การกระจายความชื้นที่ผิวหน้าวัสดุจะมีค่าคงที่นั่น คืออัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในเนื้อวัสดุมาที่ผิวหน้าจะมีค่าเท่ากับอัตราการระเหยความชื้นจากผิวหน้าวัสดุออกไป ดังนั้นอัตราการอบแห้งวัสดุในช่วงนี้จึงมีค่าคงที่และขึ้นอยู่กับอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ผิวหน้าวัสดุเท่านั้น

**2.12.2.3 ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง** ได้แก่ช่วง คง ในกราฟช่วงนี้ความชื้นในรูปของน้ำที่ผิวของวัสดุจะระเหยหมดไปเนื่องจากอัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในเนื้อวัสดุมาที่ผิวหน้าวัสดุเพราะถูกควบคุมด้วยอัตราการแพร่ของน้ำจากภายในมาสู่ภายนอก ค่าความชื้นที่เริ่มเปลี่ยนจากช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ไปเป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง เรียกว่าความชื้นวิกฤติ (critical moisture) และค่าความชื้นสุดท้ายที่ทำให้อัตราการอบแห้งเป็นศูนย์ เรียกว่า ความชื้น

สมดุล (equilibrium moisture) แสดงด้วยจุด ค และ ง ซึ่งค่านี้เป็นค่าความชื้นของวัสดุที่คงเหลืออยู่ได้ภายหลังจากการอบแห้งภายใต้สภาวะอากาศคงที่หนึ่ง ๆ



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับเวลา



รูปที่ 2.6 กราฟแสดงอัตราการอบแห้ง

### 2.12.3 สมการการอบแห้งกึ่งทฤษฎี

Hukill (1947) ได้เสนอสมการที่เป็นพื้นฐานในการอบแห้งชั้นบาง (Analogy to Newton's law of cooling) ดังแสดงได้ดังนี้ คือ

$$\frac{dM}{dt} = -K (M - M_{eq}) \quad (2.12.2)$$

เมื่อ	K	=	ค่าคงที่ของการอบแห้ง
	M	=	ความชื้นเฉลี่ยมาตรฐานแห้ง, จุดทศนิยม
	M <sub>eq</sub>	=	ความชื้นสมดุลมาตรฐานแห้ง, จุดทศนิยม
	t	=	เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง, ชั่วโมง

อินทิเกรตสมการ ได้ดังนี้

$$MR = \exp(-Kt)$$

เมื่อ

$$MR = \frac{M - M_{eq}}{M_i - M_{eq}}$$

โดยที่	M <sub>i</sub>	=	ความชื้นเริ่มต้นมาตรฐานแห้ง, จุดทศนิยม
	MR	=	อัตราส่วนความชื้น, จุดทศนิยม
	M	=	ความชื้นเฉลี่ยของวัสดุมาตรฐานแห้ง, จุดทศนิยม
	M <sub>eq</sub>	=	ความชื้นสมดุลมาตรฐานแห้ง, จุดทศนิยม

### 2.12.4 สมการการอบแห้งแบบเอมไพริคัล

Page (1949) ได้ดัดแปลงสมการที่ ซึ่งสามารถอธิบายอัตราการอบแห้งของเมล็ดพืช ได้ดีดัง  
สมการ

$$MR = ae^{-kt} \quad (2.12.3)$$

เมื่อ	t	=	เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง, นาที
	a, k	=	ค่าคงที่ในการอบแห้งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ขอบ ลายทอง (2530) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ของข้าวเปลือกเมล็ดขาวพันธุ์ กข7 และพันธุ์ กข23 ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 °C และความสัมพันธ์ระหว่าง 10 – 90 % โดยวิธีสถิติ และจากข้อมูลที่ได้นี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ และพันธุ์ข้าวที่มีต่อความสัมพันธ์และการเกิด Hysteresis ได้สร้างสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบสมการของ Henderson และ Chung & Pfof และหาค่าความหนาแน่นปรากฏ เปอร์เซ็นต์ช่องว่างของอากาศและความร้อนจำเพาะในช่วงของความชื้นระหว่าง 6 – 23 % มาตรฐานแห้ง

- รัชณี, สุวรรณิ และอังคณา (2537) ได้ศึกษาการหาค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบเครื่องอบแห้งเมล็ดพริกไทย โดยศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในการอบแห้งเมล็ดพริกไทยขาว ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของเมล็ดพริกไทยที่ความชื้นต่าง ๆ การหาความสัมพันธ์ของเมล็ดพริกไทยที่อุณหภูมิ 10 - 60 °C และความสัมพันธ์ที่ควบคุมอยู่ในช่วง 10 – 100 % การหาความดันลดเมื่อลมผ่านเมล็ดพริกไทยที่ความเร็วลมต่าง ๆ และอัตราการอบแห้งที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่าง ๆ

- มนทิวา, วาสนา และสุนิสา (2545) ได้ศึกษาการหาค่าพารามิเตอร์การอบแห้งเมล็ดงาจัด โดยได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ของเมล็ดงาจัดที่อุณหภูมิ 27, 35 และ 45 °C ที่ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง 10 – 90 % โดยวิธีสถิติ ข้อมูลที่ได้นำมาศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ การเกิด Hysteresis จึงมีการสร้างสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบสมการของ Henderson และ Chung & Pfof และได้หาคุณสมบัติทางฟิสิกส์บางอย่างของเมล็ดงาจัด เช่นความหนาแน่นปรากฏ เปอร์เซ็นต์ช่องว่างอากาศ ความร้อนจำเพาะ อัตราการอบแห้ง ในช่วงความชื้นระหว่าง 4 – 99 % มาตรฐานแห้ง

- วินิต, ปวีณา และรัตนนา (2548) ได้ศึกษาอวเตอร์ซอร์พชันไอโซเทอมของแป้งข้าวหอมมะลิ 105 โดยได้ทำการศึกษาการดูดซับความชื้นของแป้งข้าวหอมมะลิที่อุณหภูมิ 10, 30 และ 50 °C และช่วง  $a_w$  0.11 - 0.90 และทำการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 5 แบบ ได้แก่ Modified Chung – Pfof Modified Oswin Modified Halsey Modified Henderson และ Guggenheim-Anderson-de Boer (GAB)

- มารินา, จอมภพ, สุวิทย์ และภรพนา (2549) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของแกนสับปะรดแช่อิ่ม โดยใช้สารละลายเกลือเป็นตัวควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 10 - 80 % และอุณหภูมิในช่วง 50 - 72 °C และนำมาวิเคราะห์กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเส้นความสัมพันธ์ไอโซเทอมรูปแบบต่าง ๆ

## บทที่ 3

### วัสดุและวิธีการทดลอง

#### 3.1 การเตรียมตัวอย่าง (sample)

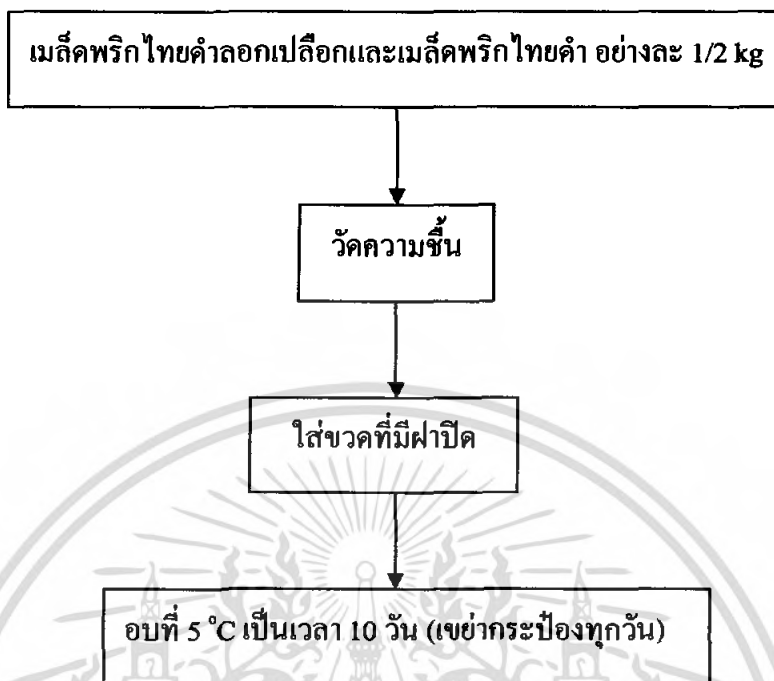
งานวิจัยนี้ใช้ตัวอย่างเมล็ดพริกไทยตราไรทิพย์น้ำหนักสุทธิ 1/2 กิโลกรัมจำนวน 10 ถุง โดยซื้อมาจากตลาดหัวตะเข้ ในการเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดลอง ซึ่งเมล็ดพริกไทยดำที่ซื้อมาเป็นเมล็ดพริกไทยที่คัดเกรดมาแล้ว จากนั้นแบ่งตัวอย่างออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกประมาณ 1 กิโลกรัม เพื่อใช้ทดลองหาการคายความชื้น (desorption isotherm) อีกส่วนหนึ่งประมาณ 1 กิโลกรัม เพื่อใช้ทดลองหาการดูดซับความชื้น (adsorption isotherm)



รูปที่ 3.1 เมล็ดพริกไทยดำ ตราไรทิพย์

##### 3.1.1 การเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดลองการคายความชื้น

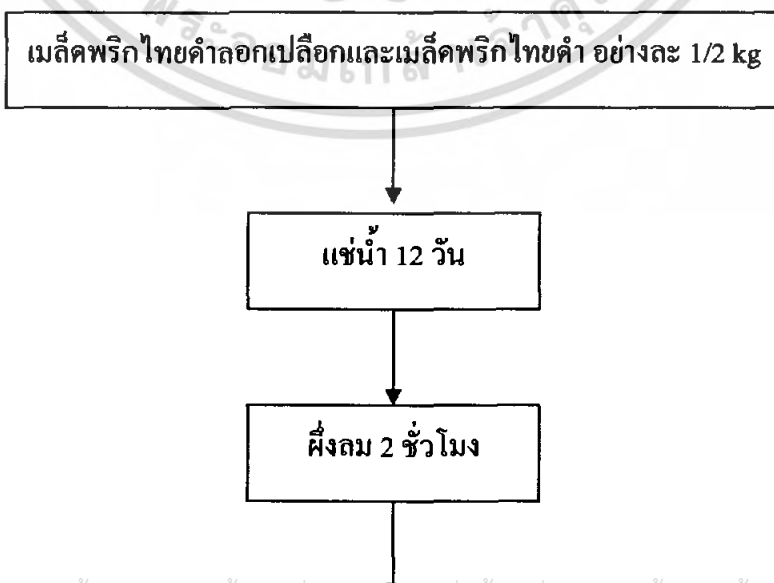
นำเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกและเมล็ดพริกไทยดำจำนวนอย่างละ 1/2 กิโลกรัม ไปหาความชื้นและนำไปใส่กระป๋องหรือขวดที่มีฝาปิด 3 กระป๋อง จากนั้นนำไปวางไว้ในตู้ที่มีอุณหภูมิ  $5^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 10 วัน เขย่ากระป๋องทุกวันเพื่อให้ความชื้นกระจายได้อย่างทั่วถึง

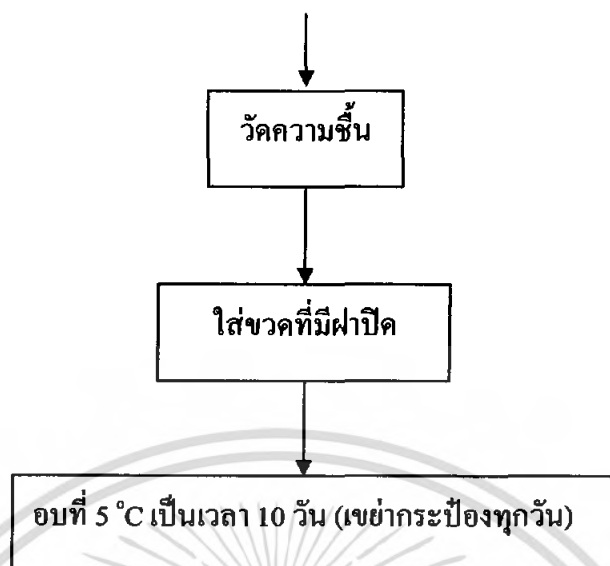


รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดลองการคายความชื้น

### 3.1.2 การเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดลองการดูดซับความชื้น

นำเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกและเมล็ดพริกไทยดำจำนวนอย่างละ 1/2 กิโลกรัม แช่น้ำประมาณ 12 วัน และนำไปผึ่งลมประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปใส่กระป๋องหรือขวดที่มีฝาปิด 3 กระป๋อง จากนั้นนำไปวางไว้ในตู้ที่มีอุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 10 วัน เขย่ากระป๋องทุกวันเพื่อให้ความชื้นกระจายเข้าไปในเมล็ดได้อย่างทั่วถึง





รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดลองการวัดความชื้น

### 3.1.3 การเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดลองหาคุณสมบัติทางกายภาพและหาอัตราการอบแห้ง

นำเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกและเมล็ดพริกไทยดำจำนวนอย่างละ 1.5 กิโลกรัม แช่น้ำประมาณ 3 วัน นำมาผึ่งลมเพื่อปรับความชื้นจนได้ความชื้น 5 ระดับ ที่แตกต่างกัน

### 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

#### 3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับหาความชื้นสมมูล

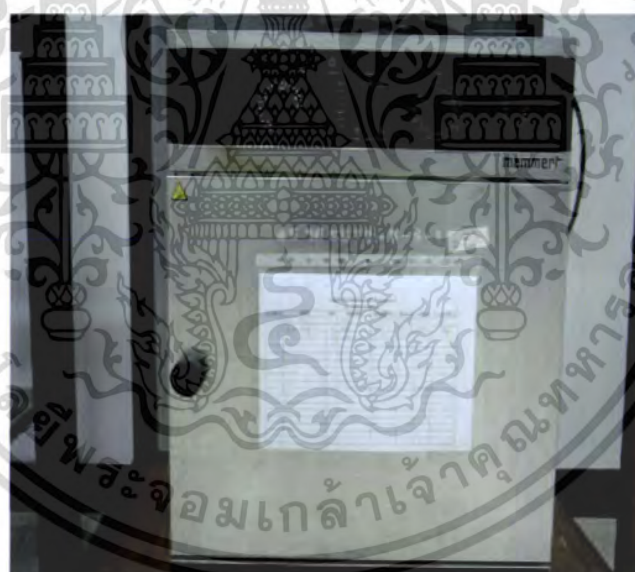
1. เมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกและเมล็ดพริกไทยดำ
2. ถังใช้สำหรับแช่เมล็ดพริกไทย
3. ตู้อบไฟฟ้า
4. เครื่องปิดผนึกด้วยความร้อน
5. ถังใส่ตัวอย่าง
6. เครื่องวัดความชื้น

#### 3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างที่ใช้สำหรับหาคุณสมบัติทางกายภาพ

1. ถังใช้สำหรับแช่เมล็ดพริกไทย
2. เครื่องวัดความชื้น
3. ถังใส่ตัวอย่าง

### 3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์

1. เมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกและเมล็ดพริกไทยดำจำนวนหนึ่ง
2. เทอร์โมมิเตอร์
3. ขวดที่มีฝาปิด 10 ขวด
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก
6. แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์
7. เครื่องวัดความชื้น
8. สารละลายเกลืออิ่มตัว 5 ชนิด คือลิเทียมคลอไรด์ ( $\text{LiCl}$ ) , แมกนีเซียมคลอไรด์ ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) , แมกนีเซียมไนเตรท ( $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) , โซเดียมคลอไรด์ ( $\text{NaCl}$ ) และ โพแทสเซียมไนเตรท ( $\text{KNO}_3$ ) (ตาราง ข-1)



รูปที่ 3.4 ตู้อบไฟฟ้า

### 3.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาขนาด

1. เมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกและเมล็ดพริกไทยดำอย่างละจำนวน 1500 เมล็ด
2. ไมโครมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ไมโครมิเตอร์

### 3.2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาน้ำหนักเฉลี่ย

1. เมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกและเมล็ดพริกไทยดำจำนวนหนึ่ง
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก
3. กระป๋อง 1 ลิตร

### 3.2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาความหนาแน่น

1. เมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกและเมล็ดพริกไทยดำที่เตรียมไว้
2. กระป๋องดวง 1 ลิตร
3. ไม้สำหรับปิดหน้ากระป๋อง
4. ขวด Pycnometer
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก
6. สารละลายเฮกเซน

### 3.2.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาความเสียดทาน

1. เมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกและเมล็ดพริกไทยดำที่เตรียมไว้
2. plate ที่ทำจากวัสดุ 4 ชนิด คือ ยาง, ไม้, เหล็ก และอะคริลิก ซึ่งสามารถปรับมุมได้
3. ท่อพลาสติกทรงกระบอก
4. ลูกตุ้มสำหรับอัดเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.8 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหามุมกอน

มุมกอนเชิงพลวัต

1. เมล็ดพริกไทยคั่วลอกเปลือกและเมล็ดพริกไทยคั่วที่เตรียมไว้
2. ชุดอุปกรณ์หามุมกอน
3. เครื่องวงกลมสำหรับวัดมุม

มุมกอนเชิงสถิตย์

1. เมล็ดพริกไทยคั่วลอกเปลือกและเมล็ดพริกไทยคั่วที่เตรียมไว้
2. ฐานรองรับวงกลม
3. ขาหนีบลอดคทดลอง
4. กรวยพลาสติก
5. ไม้บรรทัด

### 3.2.9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาการหดตัว

1. เมล็ดพริกไทยคั่วลอกเปลือกและเมล็ดพริกไทยคั่วที่เตรียมไว้
2. เครื่องวัดความชื้น
3. กระบอกตวง
4. ไม้บรรทัด
5. ถาด
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก

### 3.2.10 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาความร้อนจำเพาะ

1. เมล็ดพริกไทยคั่วลอกเปลือกและเมล็ดพริกไทยคั่วที่เตรียมไว้
2. แคลอรีมิเตอร์
3. เทอร์โมมิเตอร์
4. น้ำกลั่น
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก
6. เตาไฟฟ้า (Hot Plate)
7. บีกเกอร์

### 3.2.11 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาการอบแห้งชั้นบาง

1. เมล็ดพริกไทยคั่วลอกเปลือกและเมล็ดพริกไทยคั่วที่เตรียมไว้
2. เครื่องอบแห้งแบบ Tray Dry
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เทอร์โมมิเตอร์
5. เครื่องวัดความชื้น
6. นาฬิกาจับเวลา
7. เครื่องปรับรอบมอเตอร์ (Inverter)

### 3.3 วิธีการทดลอง

#### 3.3.1 การหาความชื้นสัมพัทธ์

##### วิธีการทดลองการวัดความชื้น

1. เตรียมตัวอย่างเมล็ดพริกไทยแต่ละชนิดที่ใช้สำหรับการทดลองการดูดซับความชื้น
2. ชั่งน้ำหนักด้วยอวลูมิเนียม
3. นำเมล็ดพริกไทยที่เตรียมไว้ประมาณ 3 - 5 กรัม มาใส่ในถ้วยอวลูมิเนียมชั่งน้ำหนักรวมอีกครั้งแล้วนำไปบรรจุลงในขวดที่มีฝาปิดซึ่งมีสารละลายเกลืออิ่มตัวเพื่อควบคุมเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์
4. ปิดฝาขวดให้แน่น และควรรีให้ถ้วยอวลูมิเนียมที่ใส่เมล็ดพริกไทยอยู่สูงจากสารละลายเกลืออิ่มตัวประมาณ 15 - 20 มม.
5. นำไปใส่ในตู้อบไฟฟ้า ปรับให้มีอุณหภูมิ 30 °C เมื่ออบได้ 5 วัน ก็นำถ้วยอวลูมิเนียมแต่ละอัน ไปชั่งน้ำหนักอย่างรวดเร็วทุก ๆ ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่
6. นำเมล็ดพริกไทยที่สมดุลแล้วไปหาความชื้น โดยใช้เครื่องวัดความชื้นฐานเปียกแบบอินฟราเรด
7. ทำการทดลองซ้ำ แต่เปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 40, 50 และ 60 °C ตามลำดับ
8. บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางผลการทดลอง
9. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %EMC, %RH และอุณหภูมิที่ทดลอง
10. ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนไปใช้ตัวอย่างที่ความชื้นอื่น ๆ

##### วิธีการทดลองการคายความชื้น

วิธีการทดลองการคายความชื้นนั้นทำได้ทำนองเดียวกันกับวิธีการทดลองการดูดซับความชื้นเพียงแต่ใช้ตัวอย่างที่เตรียมไว้สำหรับทดลองการคายความชื้นแทนตัวอย่างที่เตรียมไว้สำหรับทดลองการดูดซับความชื้น แสดงดังรูป 3.5

#### 3.3.2 วิธีการทดลองการหาขนาด

1. สุ่มตัวอย่างเมล็ดพริกไทยแต่ละชนิดอย่างละ 100 เมล็ด
2. ใช้ไมโครมิเตอร์วัดเมล็ดพริกไทยทั้ง 3 ด้าน กว้าง ยาว หนา
3. บันทึกค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3 วิธีการทดลองการหาน้ำหนักเฉลี่ย

1. ชั่งน้ำหนักด้วยพลาสติก
2. สุ่มเมล็ดพริกไทยแต่ละชนิดอย่างละ 100 เมล็ดใส่ในถ้วยพลาสติกนำไปชั่งน้ำหนัก
3. ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง บันทึกค่าที่ได้



รูปที่ 3.6 การหาความชื้นสัมบูรณ์

### 3.3.4 วิธีการทดลองการหาความหนาแน่น

วิธีการทดลองหาความหนาแน่นเนื้อ ดูรูป 3.7

1. ชั่งเมล็ดพริกไทยแต่ละชนิดอย่างละ 50 เมล็ด = A
2. เทเฮกเซนลงในขวด Pycnometer แล้วนำไปชั่งน้ำหนักรวม = B
3. นำเมล็ดพริกไทยใส่ในขวด Pycnometer ที่มีเฮกเซนอยู่ แล้วนำไปชั่งน้ำหนักรวม = C
4. จะได้มวลเฮกเซนที่ถูกแทนที่ด้วยเมล็ดพริกไทย = (A+B)-C
5. ปริมาตรเมล็ดพริกไทย 50 เมล็ด = มวลเฮกเซนที่ถูกแทนที่ด้วยเมล็ดพริกไทย/ความหนาแน่นเฮกเซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 6. คำนวณหาความหนาแน่นรวมจากสูตร

ความหนาแน่น = มวลเม็ล็ดพริกไทย 50 เม็ล็ด/ปริมาตรเม็ล็ดพริกไทย 50 เม็ล็ด



รูปที่ 3.7 การทดลองหาความหนาแน่นเนื้อ

#### วิธีการทดลองหาความหนาแน่นรวม

1. นำเม็ล็ดพริกไทยแต่ละชนิดใส่ลงในภาชนะบรรจุที่ทราบปริมาตรและมวลที่แน่นอนจนเต็ม
2. ปล่อยให้เรียบ และนำไปชั่งน้ำหนัก
3. คำนวณหาความหนาแน่นรวมจากสูตร  
ความหนาแน่น = มวลรวมของวัสดุ/ปริมาตรของภาชนะบรรจุ

#### 3.3.5 วิธีการทดลองการหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

1. นำเม็ล็ดพริกไทยแต่ละชนิดใส่ลงในท่อพลาสติกทรงกระบอกจนเต็ม แล้วอัดด้วยลูกค้อน โดยวางบนแผ่นเอียงที่เป็นยาง
2. ค่อย ๆ ยกแผ่นเอียงขึ้น เพื่อปรับมุม จนท่อพลาสติกทรงกระบอกเริ่มไถลลง
3. บันทึกค่ามุมที่เริ่มไถล
4. ทำซ้ำข้อ 1 - 3 โดยเปลี่ยนชนิดของแผ่นเอียง
5. นำค่ามุมที่ได้ไปคำนวณหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจากสูตร  $\mu = \tan \theta$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.6 วิธีการทดลองการหามุมทอง

มุมทองเชิงพลวัต รูปที่ 3.8

1. นำเม็ล็ดพริกไทยแต่ละชนิดทดลองในอุปกรณ์สำหรับวัดมุมทอง
2. วัดมุมที่เม็ล็ดพริกไทยทองอยู่ในอุปกรณ์ทดลองและบันทึกค่า



รูปที่ 3.8 อุปกรณ์สำหรับวัดมุมทองเชิงพลวัต

มุมทองเชิงสถิตย์ รูปที่ 3.9

1. นำเม็ล็ดพริกไทยแต่ละชนิดผ่านกรวยที่มีความสูง 15 ซม. ลงบนฐานรองรูปวงกลม
2. วัดความสูงที่เม็ล็ดพริกไทยทองอยู่บนฐานรองรูปวงกลมและบันทึกค่า
3. คำนวณหามุมมุมทองเชิงสถิตย์จากสูตร

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{2H}{D}\right)$$

เมื่อ	$\theta$	=	มุม, องศา
	H	=	ความสูง, ซม.
	D	=	เส้นผ่านศูนย์กลางฐานรองรูปวงกลม, ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 อุปกรณ์วัดความถ่วงเชิงสถิตย

### 3.3.7 วิธีการทดลองการหาการหดตัว ดูรูป 3.10

1. วัดค่าความชื้นฐานเปียกของเมล็ดพริกไทยทั้ง 2 ชนิด
2. นำเมล็ดพริกไทยแต่ละชนิด ไปผึ่งแดด และนำมาชั่งน้ำหนักทุกๆ ชั่วโมงพร้อมทั้งวัดความสูงของเมล็ดพริกไทยที่เปลี่ยนแปลงไป
3. ทำเช่นนี้จนกระทั่งน้ำหนักคงที่



รูปที่ 3.10 การทดลองการหดตัว

### 3.3.8 วิธีการทดลองการหาความร้อนจำเพาะ ดูรูป 3.11

1. ชั่งตัวอย่างของเมล็ดพริกไทยแต่ละชนิดที่ต้องการหาความร้อนจำเพาะประมาณ 10 กรัม แล้ววัดอุณหภูมิไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชั่งน้ำกลั่นประมาณ 30 กรัม แล้ววัดอุณหภูมิไว้
3. นำน้ำกลั่นไปต้มบนเตาไฟฟ้าจนมีอุณหภูมิประมาณ 60 °C แล้ววัดอุณหภูมิไว้
4. เทน้ำร้อนและตัวอย่างลงไปในถังของแคลอรีมิเตอร์ แล้วปิดฝาให้แน่น ทิ้งไว้ประมาณ 3 - 5 นาที วัดอุณหภูมิไว้
5. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับความร้อนจำเพาะ
6. คำนวณหาค่าความร้อนจำเพาะจากสูตร

$$m_c c_c = \frac{(m_2 - m_1)c_{pw}(T_2 - T_{eq}) - (m_1 - m_c)c_{pw}(T_{eq} - T_i)}{T_{eq} - T_i}$$

$$c_p = \frac{m_w c_{pw}(T_{eq} - T_{wi}) + m_c c_c(T_{eq} - T_{wi})}{m_p(T_{pi} - T_{eq})}$$



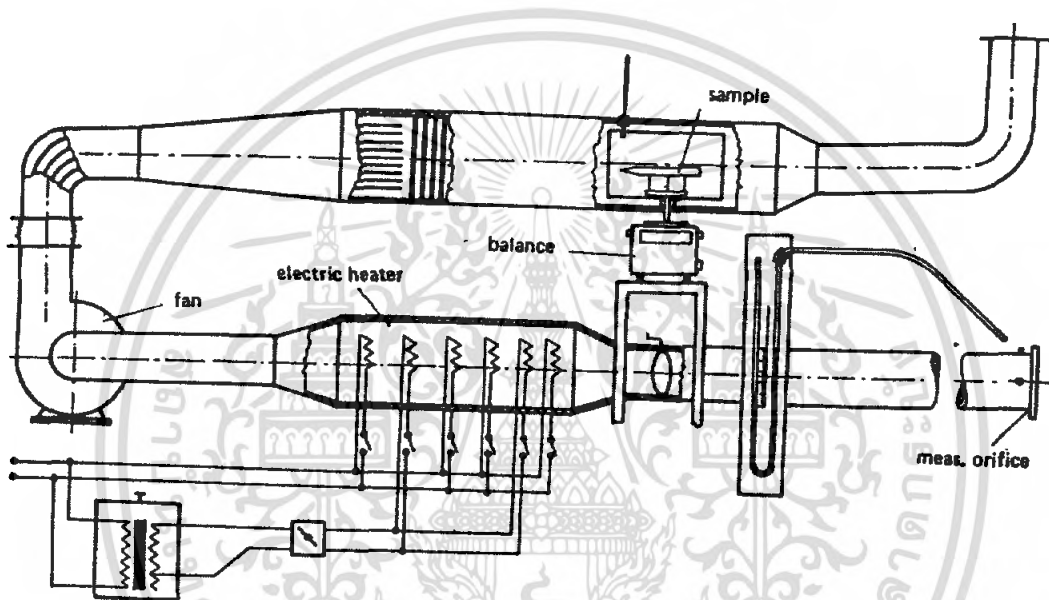
รูปที่ 3.11 แคลอรีมิเตอร์

### 3.3.9 วิธีการทดลองการหาการอบแห้งชั้นบาง

1. เตรียมตัวอย่างเมล็ดพริกไทยแต่ละชนิดตามความชื้นที่ใช้ในการทดลอง
2. ชั่งน้ำหนักตะแกรงที่ใส่เมล็ดพริกไทย
3. นำไปวางบนถาดอบแห้งขนาด 20x20 ซม. เครื่องอบแห้งแสดงในรูป 3.12
4. ควบคุมอุณหภูมิร้อน 40 °C และควบคุมความเร็วลมที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ชั่งน้ำหนักเมล็ดพริกไทยทุกๆ 15 นาที โดยต้องรีบชั่งทันทีจนน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยมากจึงหยุด บันทึกเวลาทุกครั้งที่ชั่งน้ำหนัก
6. ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนค่าของอุณหภูมิเป็น 50 และ 60 °C ตามลำดับ
7. หาความชื้นตามมาตรฐานแห้งเพื่อใช้ในการหา MR
8. นำข้อมูลไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง MR กับ T



รูปที่ 3.12 เครื่องอบแห้งแบบ Tray Dryer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

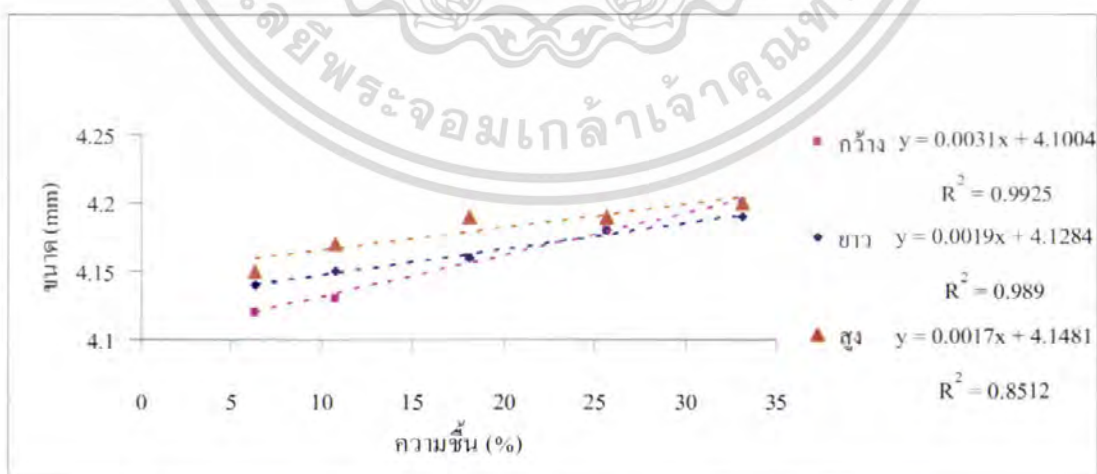
### ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

#### 4.1 ผลการทดลองการหาขนาด

ผลการทดลองการหาขนาดของเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้นระหว่าง 9 - 60 % มาตรฐานแห้งจะได้ดังรูปที่ 4.1 และเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้นระหว่าง 6 - 33% มาตรฐานแห้งจะได้ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งพบว่าเมื่อความชื้นของเมล็ดพริกไทยเพิ่มขึ้นค่าขนาดจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยในลักษณะเชิงเส้นดังรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 ขนาดเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำ

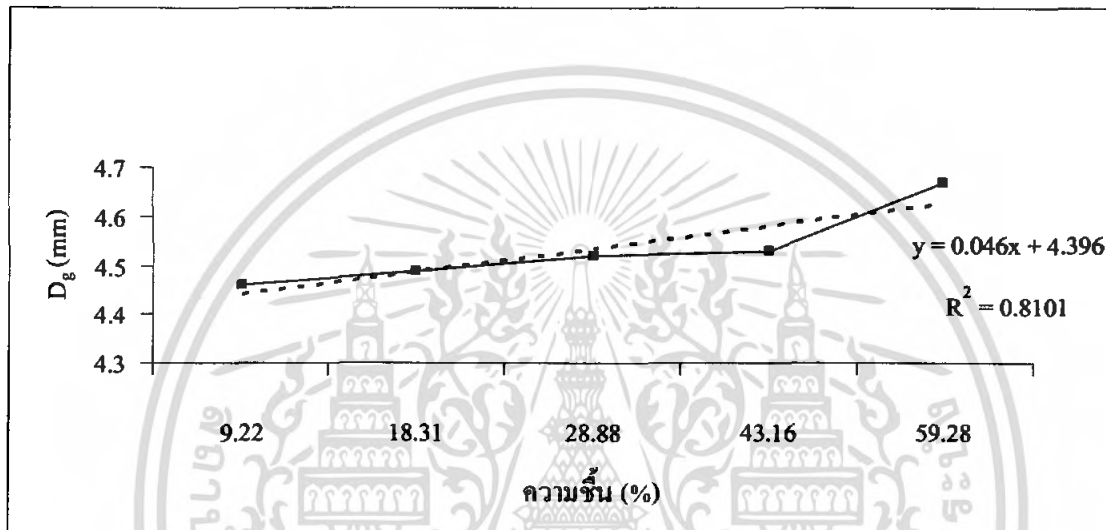


รูปที่ 4.2 ขนาดเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

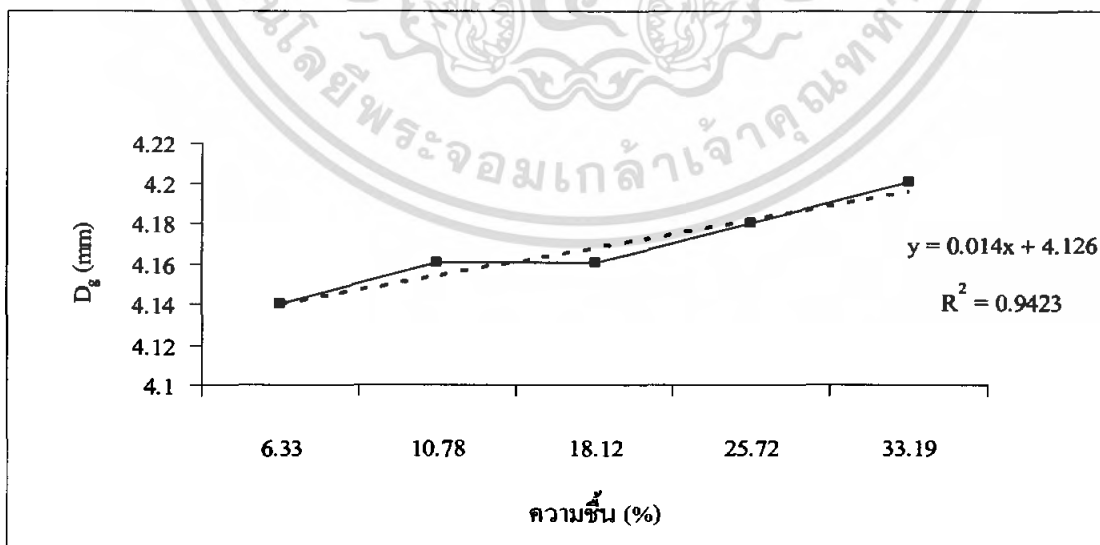
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2 ผลการทดลองการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย

ผลการทดลองการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ของเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้นระหว่าง 9 - 60 % มาตรฐานแห้ง และเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้นระหว่าง 6 - 33 % มาตรฐานแห้ง ซึ่งพบว่าเมื่อความชื้นของเมล็ดพริกไทยเพิ่มขึ้นค่าขนาดจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยในลักษณะเชิงเส้นดังรูปที่ 4.3 และ รูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำ

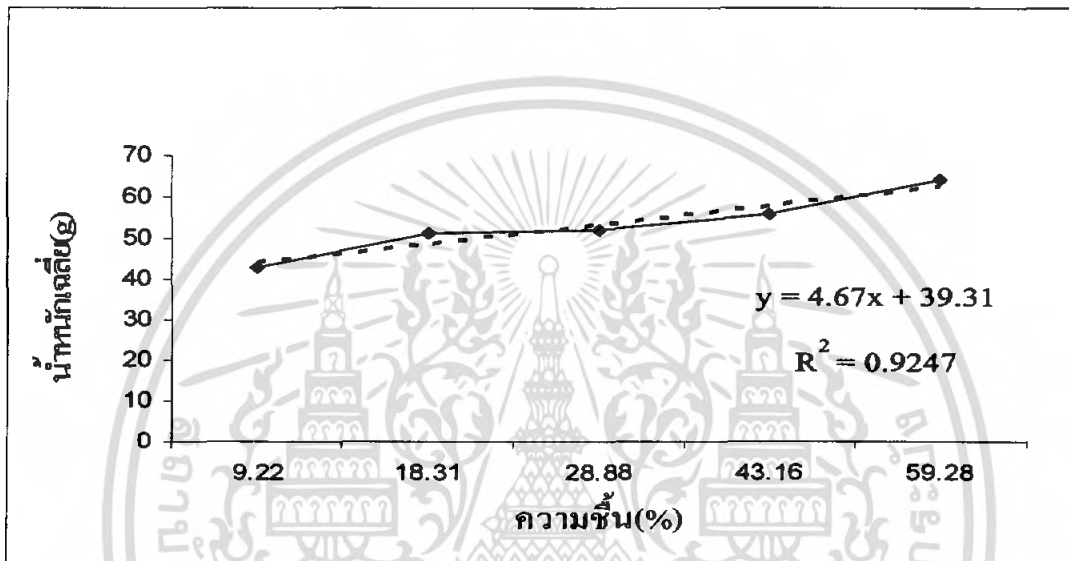


รูปที่ 4.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

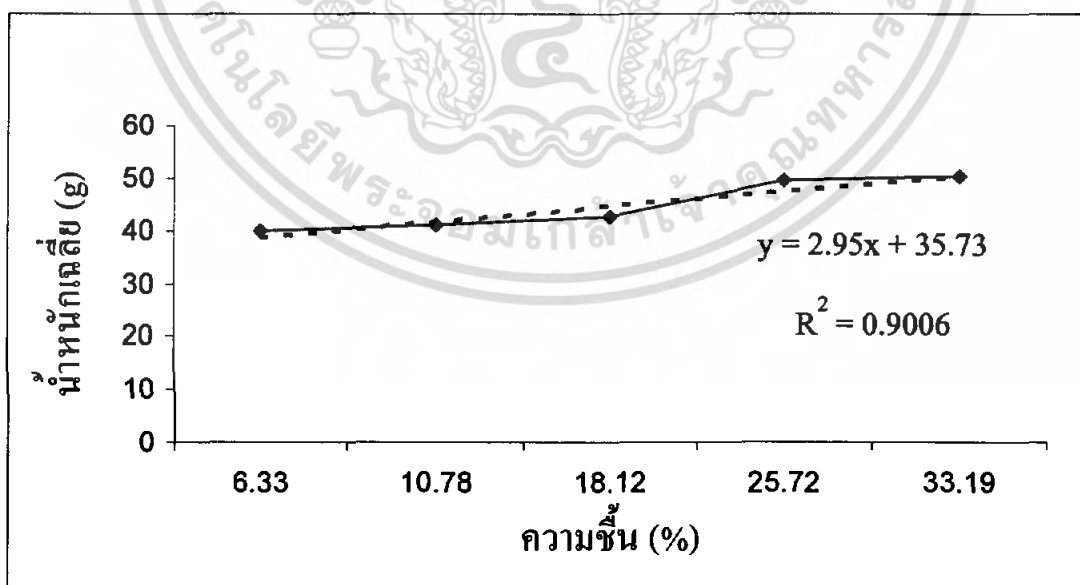
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ผลการทดลองการหาน้ำหนักเฉลี่ย

ผลการทดลองการหาน้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้นระหว่าง 9 - 60 % มาตรฐานแห้ง และเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้นระหว่าง 6 - 33 % มาตรฐานแห้ง ซึ่งพบว่าเมื่อความชื้นของเมล็ดพริกไทยเพิ่มขึ้น ค่าขนาดจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยในลักษณะเชิงเส้นดังรูปที่ 4.5 และ รูปที่ 4.6



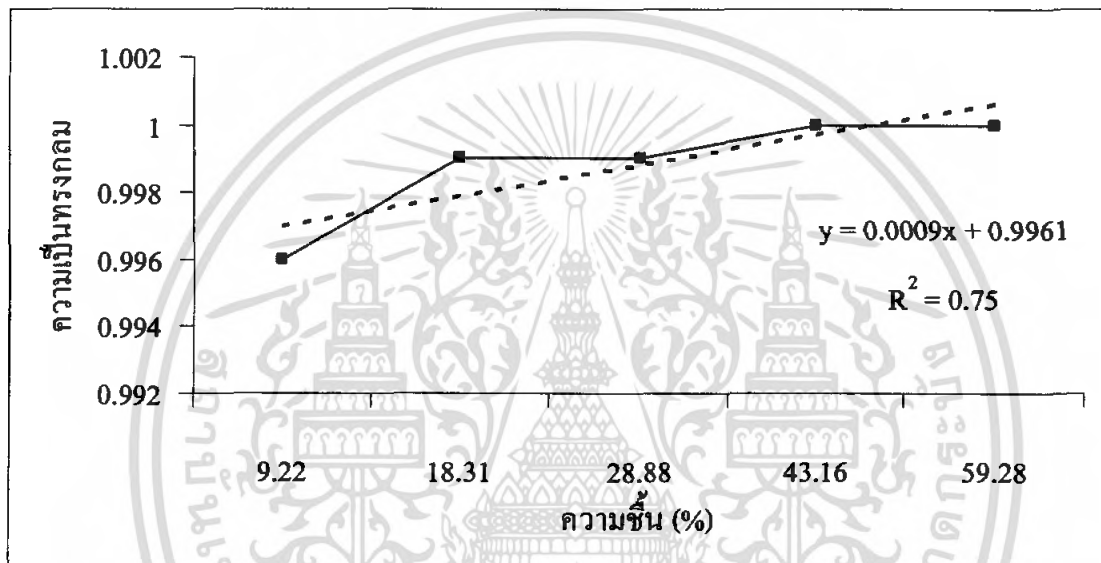
รูปที่ 4.5 น้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำ



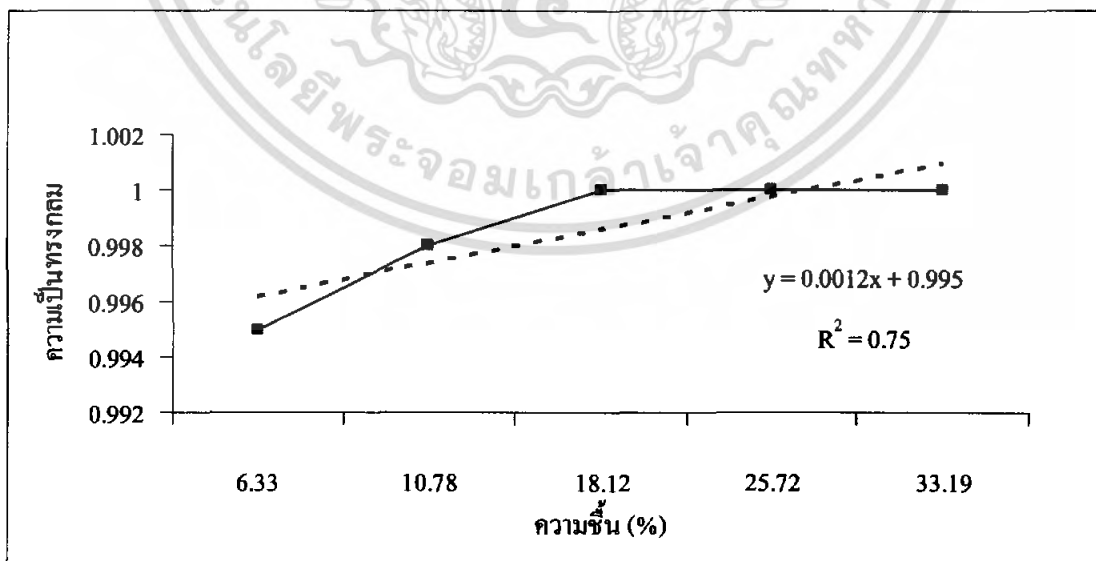
รูปที่ 4.6 น้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

#### 4.4 ผลการทดลองการหาความเป็นทรงกลม

ผลการทดลองการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเม็ดคัพริกไทยค่าที่ความชื้นระหว่าง 9 - 60 % มาตรฐานแห้ง และเม็ดคัพริกไทยคาลอกเปลือกที่ความชื้นระหว่าง 6 - 33 % มาตรฐานแห้ง พบว่าที่ทุกๆความชื้นค่าความเป็นทรงกลมของเม็ดคัพริกไทยมีค่าใกล้เคียง 1 ดังรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 แสดงว่าเม็ดคัพริกไทยมีความเป็นทรงกลม การที่เม็ดคัพริกไทยมีความเป็นทรงกลมช่วยในการคัดแยกเมล็ดได้ง่ายขึ้น แต่สำหรับการขนย้ายหรือขนถ่ายอาจทำได้ยากเนื่องจากเกิดการกึ่งกระจัดกระจายได้



รูปที่ 4.7 ความเป็นทรงกลมของเม็ดคัพริกไทยคั่ว

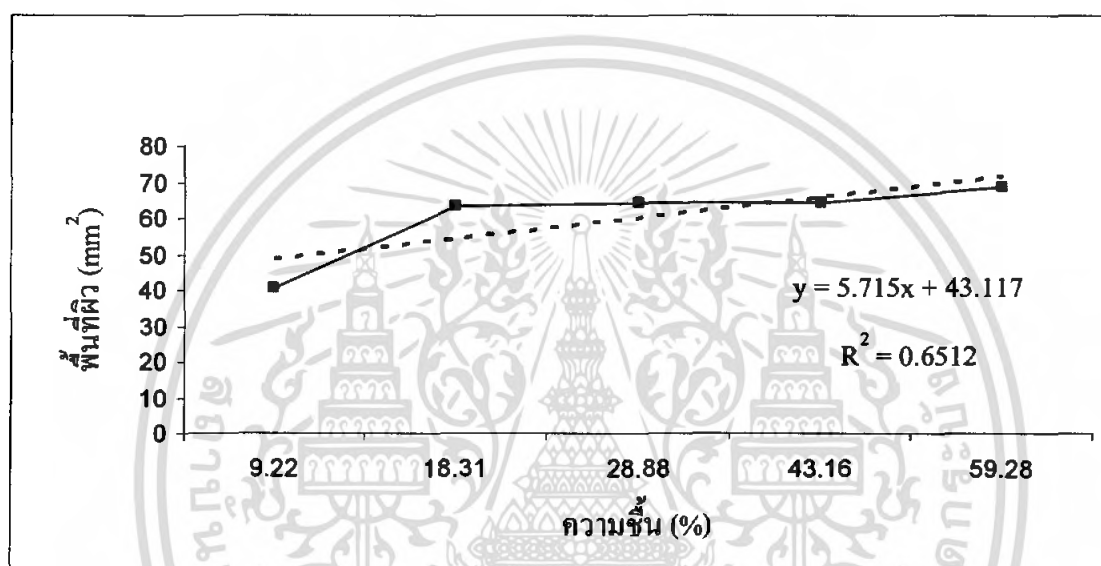


รูปที่ 4.8 ความเป็นทรงกลมของเม็ดคัพริกไทยคาลอกเปลือก

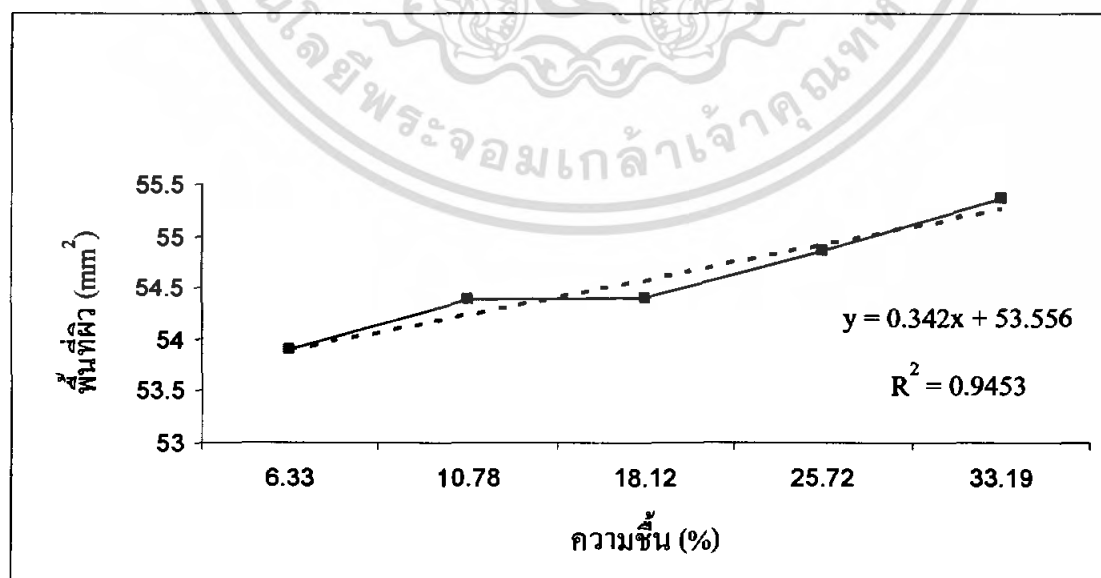
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 ผลการทดลองการหาพื้นที่ผิว

ผลการทดลองการหาพื้นที่ผิวของเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้นระหว่าง 9 - 60 % มาตรฐานแห้ง และเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้นระหว่าง 6 - 33 % มาตรฐานแห้ง ซึ่งพบว่าเมื่อความชื้นของเมล็ดพริกไทยเพิ่มขึ้น ค่าพื้นที่ผิวจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.9 และ รูปที่ 4.10 ซึ่งพื้นที่ผิวเป็นตัวช่วยในการเลือกพิจารณากระบวนการต่าง ๆ เพราะพื้นที่ผิวมีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน



รูปที่ 4.9 พื้นที่ผิวของเมล็ดพริกไทยดำ

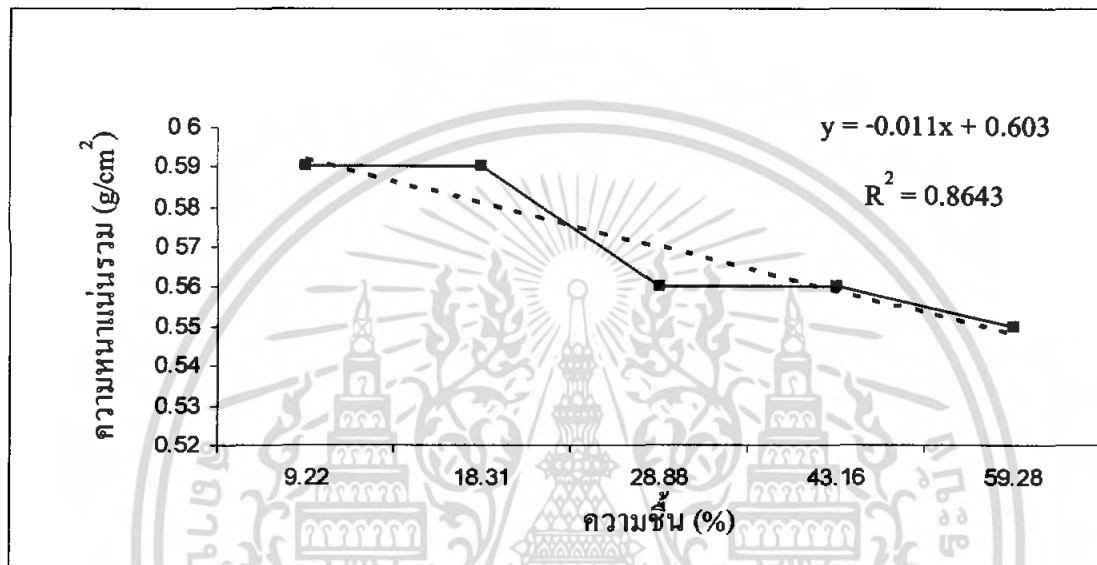


รูปที่ 4.10 พื้นที่ผิวของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

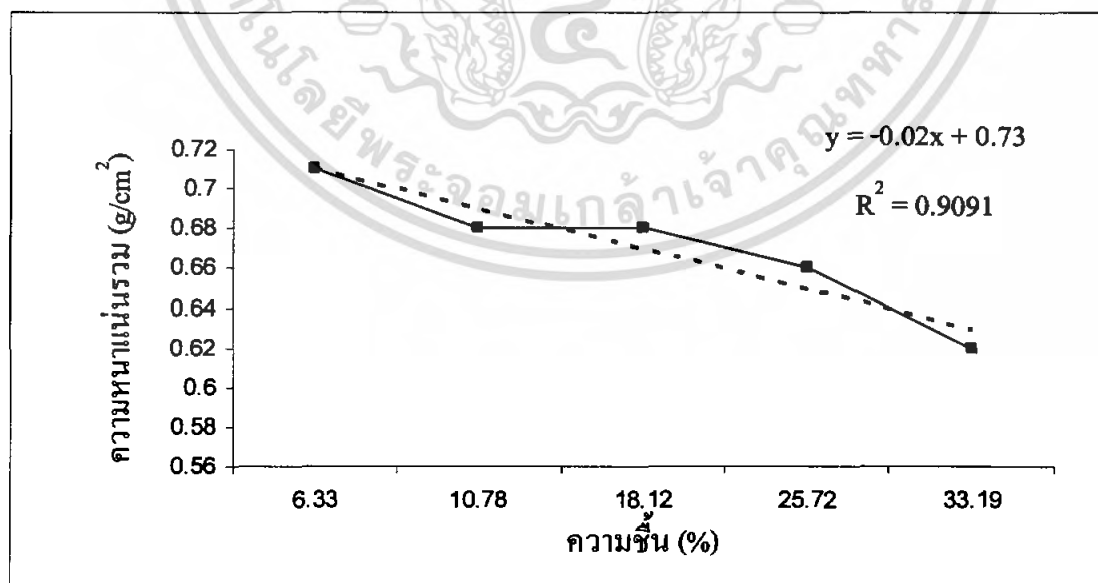
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.6 ผลการทดลองการหาความหนาแน่นรวม

ผลการทดลองการหาความหนาแน่นรวมของเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้นระหว่าง 9 - 60 % มาตรฐานแห้ง และเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้นระหว่าง 6 - 33 % มาตรฐานแห้ง ซึ่งพบว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นรวมมีค่าลดลง เมล็ดพริกไทยที่มีค่าความหนาแน่นรวมมากต้องใช้พื้นที่ในการเก็บรักษามากกว่า



รูปที่ 4.11 ความหนาแน่นรวมของเมล็ดพริกไทยดำ

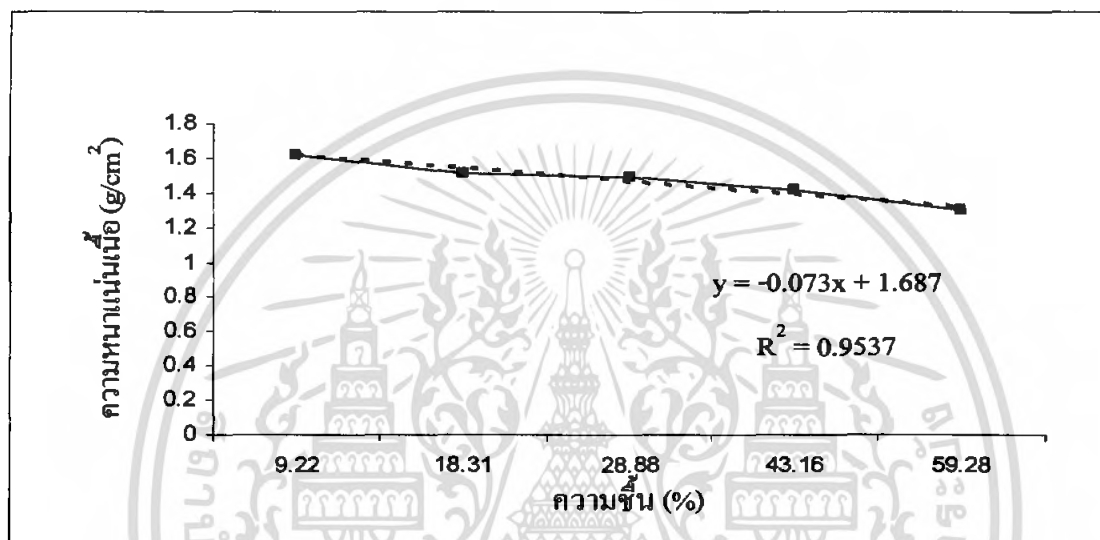


รูปที่ 4.12 ความหนาแน่นรวมของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

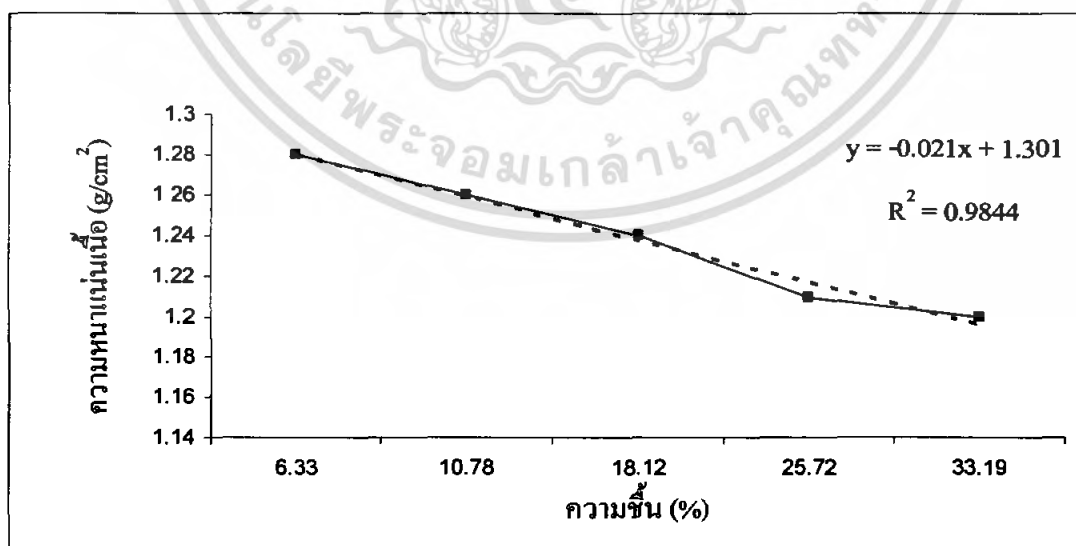
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.7 ผลการทดลองการหาความหนาแน่นเนื้อ

ผลการทดลองการหาความหนาแน่นเนื้อของเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้นระหว่าง 9 - 60 % มาตรฐานแห้ง และเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้นระหว่าง 6 - 33 % มาตรฐานแห้ง ซึ่งพบว่าเมื่อความชื้นของเมล็ดพริกไทยดำมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นเนื้อมีค่าลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.13 และ รูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 ความหนาแน่นเนื้อของเมล็ดพริกไทยดำ

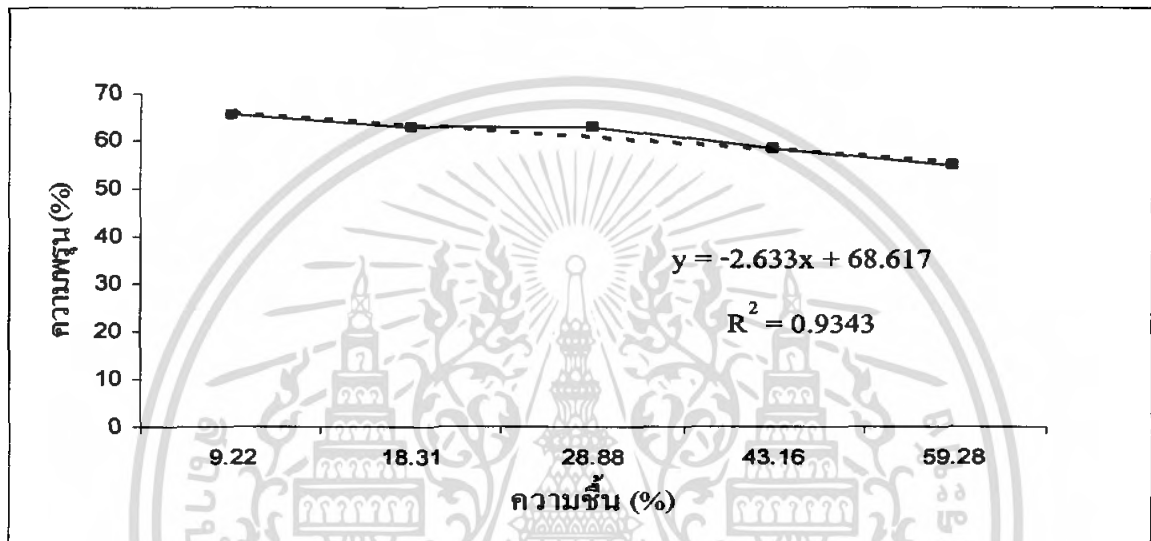


รูปที่ 4.14 ความหนาแน่นเนื้อของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

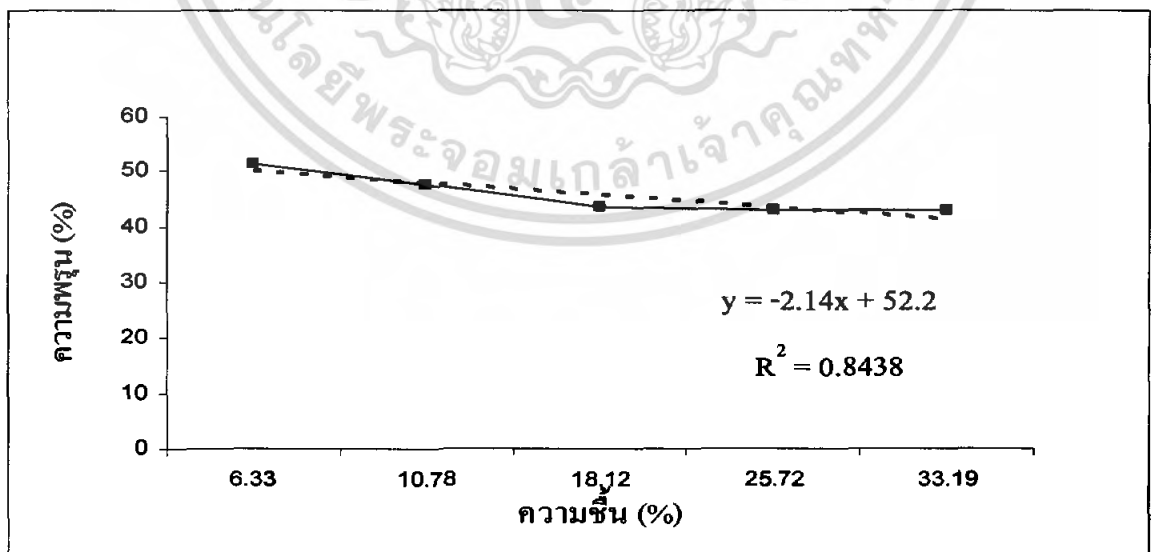
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.8 ผลการทดลองการหาความพรุน

ผลการทดลองการหาความพรุนของเม็ล็ดพริกไทยดำที่ความชื้นระหว่าง 9 - 60 % มาตรฐานแห้ง และเม็ล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้นระหว่าง 6 - 33 % มาตรฐานแห้ง ซึ่งพบว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น ความพรุนมีค่าลดลง เม็ล็ดพริกไทยที่มีค่าความพรุนมากต้องใช้พื้นที่ในการเก็บรักษามากกว่า



รูปที่ 4.15 ความพรุนของเม็ล็ดพริกไทยดำ



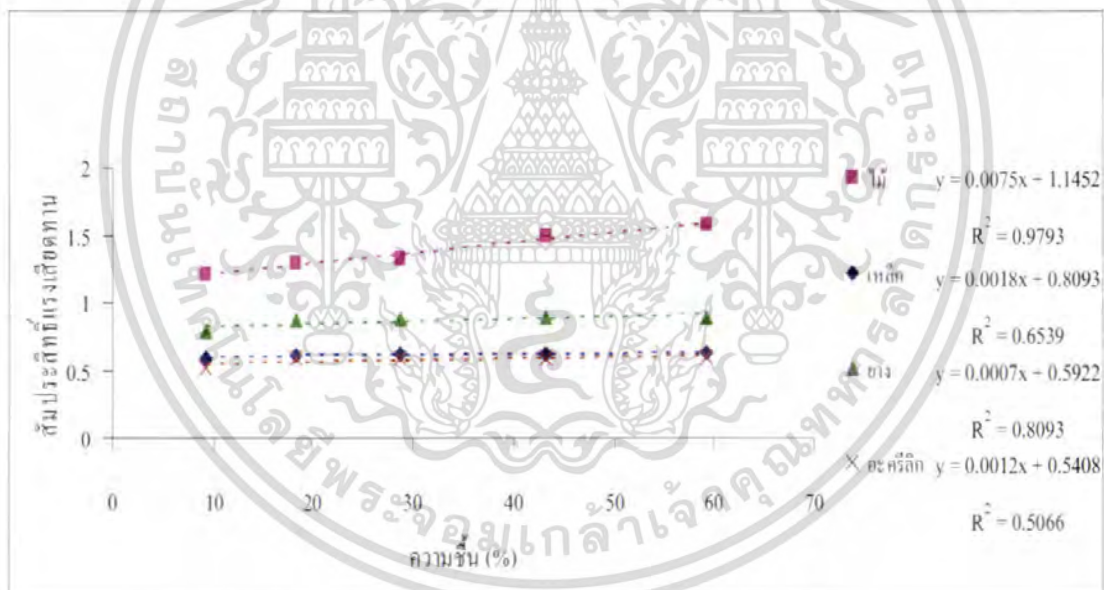
รูปที่ 4.16 ความพรุนของเม็ล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.9 ผลการทดลองการหาความเสียหาย

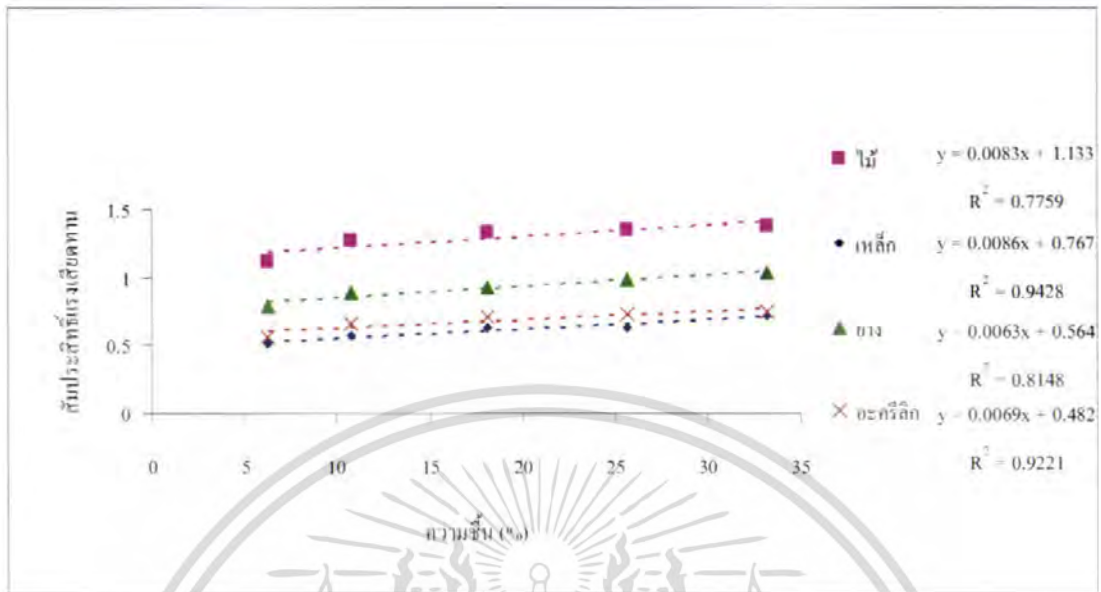
##### 4.9.1 ผลการทดลองการหาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

ผลการทดลองการหาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้นระหว่าง 9 - 60 % มาตรฐานแห้ง และเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้นระหว่าง 6 - 33 % มาตรฐานแห้ง โดยทดลองที่พื้นผิวต่าง ๆ ได้แก่ ไม้ เหล็ก ขาง และอะคริลิก พบว่าเมล็ดพริกไทยดำ พื้นผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสูงสุด รองลงมาคือ พื้นขาง เหล็ก และอะคริลิกตามลำดับ ส่วนเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกพื้นผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสูงสุด รองลงมาคือ พื้นขาง อะคริลิก และเหล็กตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของแต่ละพื้นผิวเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นเพิ่ม นำทำให้เกิดการคูดันระหว่างผิวเมล็ดพริกไทยกับพื้นผิววัสดุ ทำให้ต้องใช้แรงมากขึ้นในการเอาชนะแรงต้าน ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปใช้ในการเลือกชนิดของวัสดุสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ในการขนถ่าย



รูปที่ 4.17 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของเมล็ดพริกไทยดำ

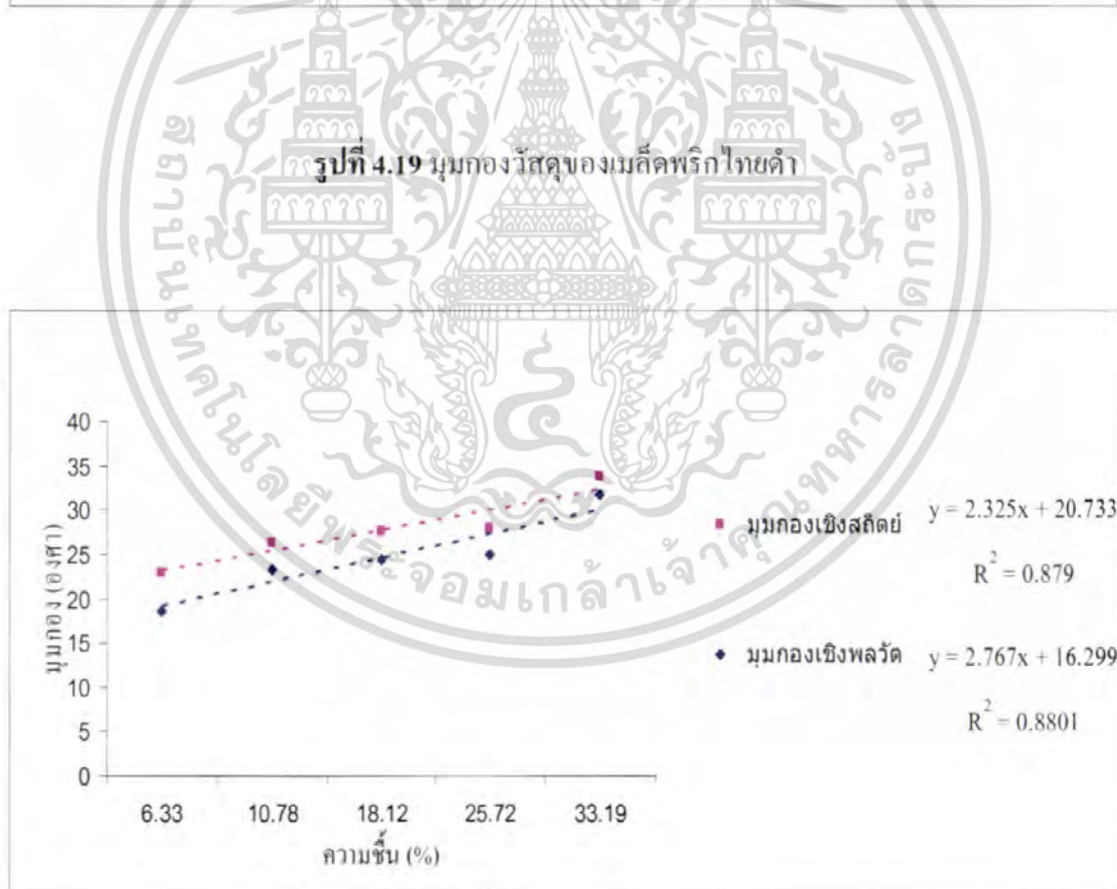
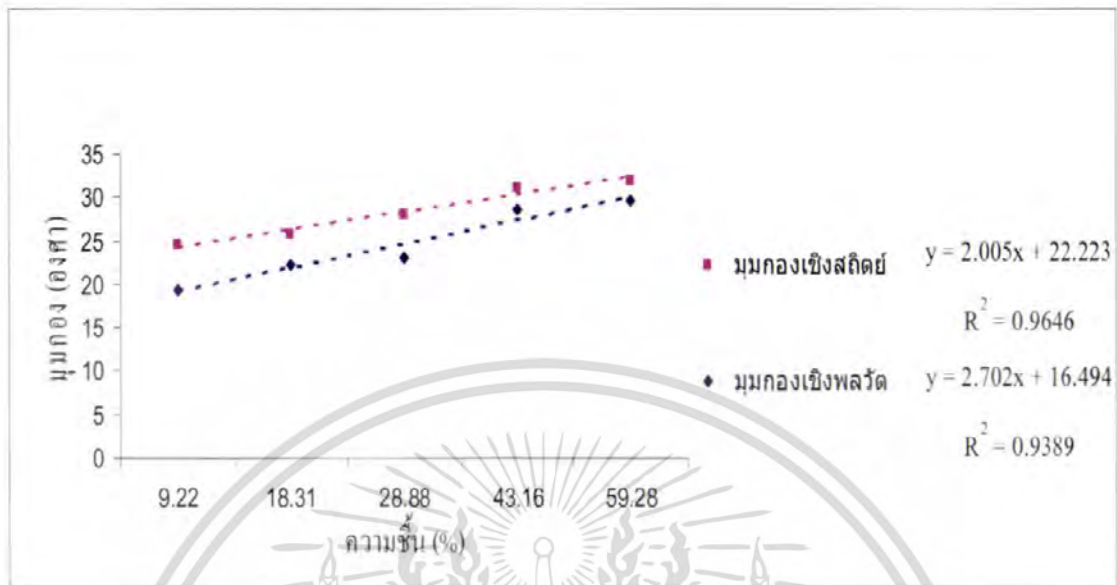
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของเมล็ดพริกไทยคั่วลอกเปลือก

#### 4.9.2 มุมกองวัสดุ

ผลการทดลองการหามุมกองวัสดุทั้งมุมกองเชิงสถิตและมุมกองเชิงพลวัตของเมล็ดพริกไทยคั่วที่ความชื้นระหว่าง 9 - 60 % มาตรฐานแห้ง และเมล็ดพริกไทยคั่วลอกเปลือกที่ความชื้นระหว่าง 6 - 33 % มาตรฐานแห้ง พบว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นค่ามุมกองจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แสดงว่าความชื้นมากขึ้นมีผลทำให้เมล็ดพริกไทยสามารถยึดเกาะกันได้ดีขึ้น ค่ามุมกองเชิงสถิตย์สามารถนำไปใช้ในการออกแบบขนาดของฐานวางวัสดุได้ โดยเมื่อวัสดุมีความชื้นมากมุมกองจะมีค่ามาก หมายความว่าวัสดุมีการเกาะตัวกันได้ดี ทำให้จัดเก็บกองวัสดุได้สูงช่วยให้มีพื้นที่ในการจัดเก็บได้มากขึ้น ส่วนมุมกองเชิงพลวัตนำไปใช้ในการออกแบบมุมเอียงของทางออกภาชนะที่ใช้ในการถ่ายเทเพื่อให้เมล็ดพริกไทยไหลออกได้อย่างต่อเนื่องในระหว่างการเท

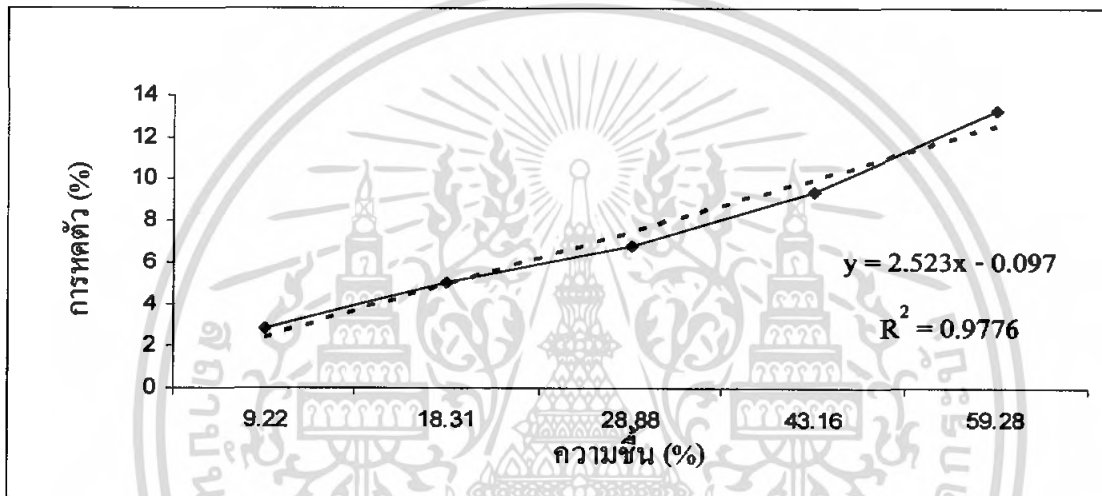


รูปที่ 4.20 นวมกองวัสดุของเมล็ดกาแฟไทยคั่วลอกเปลือก

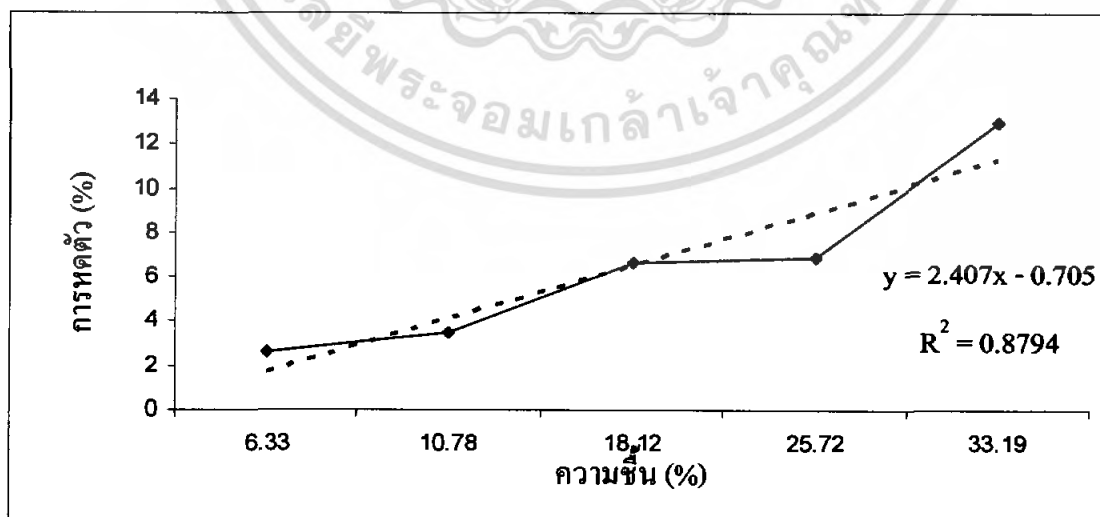
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.10 ผลการทดลองการหาการหดตัว

ผลการทดลองการหาการหดตัวของเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้นระหว่าง 9 - 60 % มาตรฐานแห้ง และเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้นระหว่าง 6 - 33 % มาตรฐานแห้ง พบว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์การหดตัวจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย แสดงว่าที่ความชื้นสูงเมื่อนำไปผึ่งแดด จะทำให้น้ำที่มีอยู่ในเมล็ดพริกไทยระเหยออกได้มากกว่าที่ความชื้นต่ำ เปอร์เซ็นต์การหดตัวจะมีค่าสูงในตอนแรกและค่อย ๆ ลดลงจนความชื้นคงที่



รูปที่ 4.21 การหดตัวของเมล็ดพริกไทยดำ

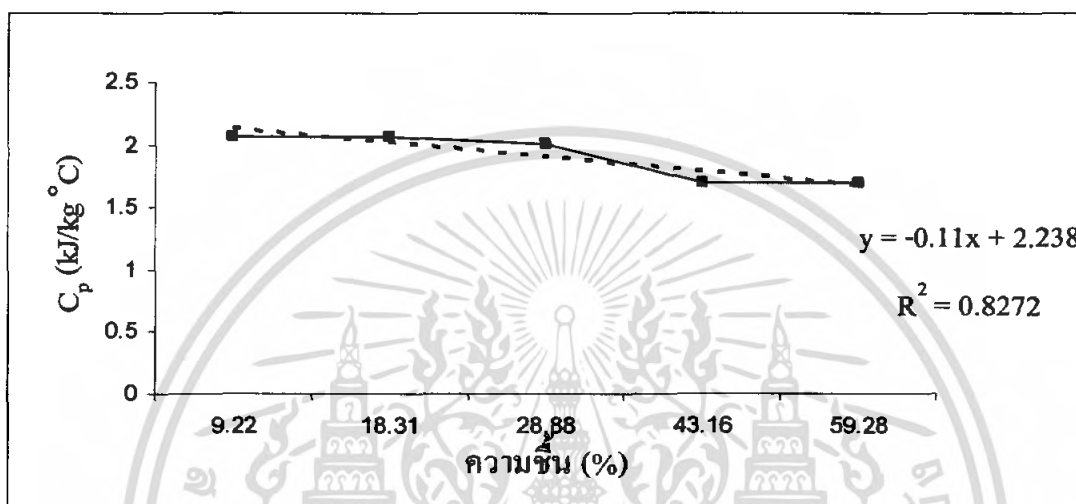


รูปที่ 4.22 การหดตัวของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

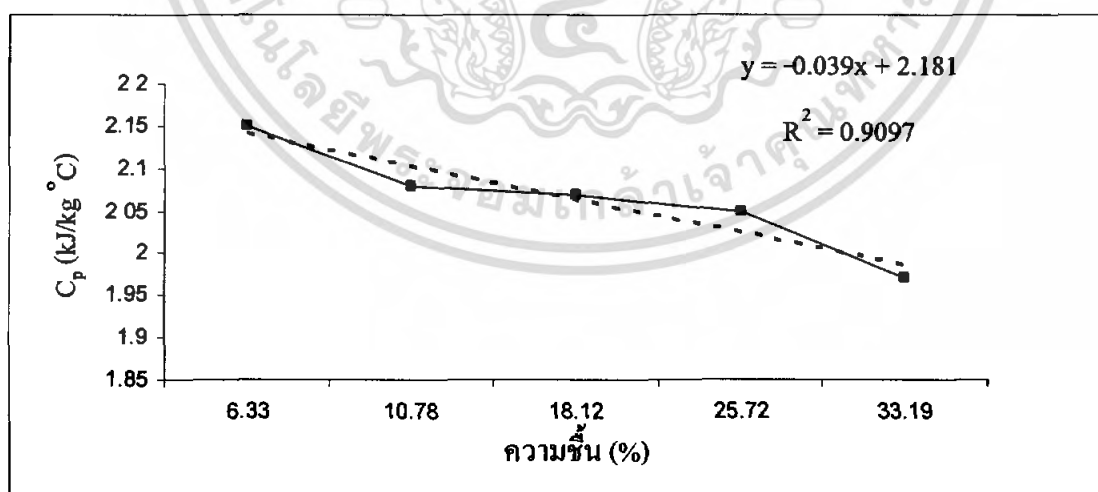
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.11 ผลการทดลองการหาความร้อนจำเพาะ

ผลการทดลองการหาความร้อนจำเพาะของเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้นระหว่าง 9 - 60 % มาตรฐานแห้ง และเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้นระหว่าง 6 - 33 % มาตรฐานแห้ง พบว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นค่าความร้อนจำเพาะมีค่าลดลงดังแสดงในรูปที่ 4.23 และ รูปที่ 4.24



รูปที่ 4.23 ความร้อนจำเพาะของเมล็ดพริกไทยดำ



รูปที่ 4.24 ความร้อนจำเพาะของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.12 ผลการทดลองการหาความชื้นสมมูลของเมล็ดพริกไทยดำและเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่อุณหภูมิ 30, 40, 50 และ 60 °C โดยใช้สารละลายเกลืออิ่มตัวของ LiCl, MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, KNO<sub>3</sub>, NaCl และ Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> เป็นสารควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 10 - 90 % และใช้คู่มือเป็นอุปกรณ์ในการควบคุมอุณหภูมิ จากการวิเคราะห์ข้อมูลความชื้นสมมูลจะได้ค่าความชื้นสมมูลที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ และเมื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์สมการถดถอยโดยใช้รูปแบบสมการความชื้นสมมูลไอโซเทอมของ Henderson, Chung & Pfoest, Modified Henderson และ Modified Halsey เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสมมูล อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

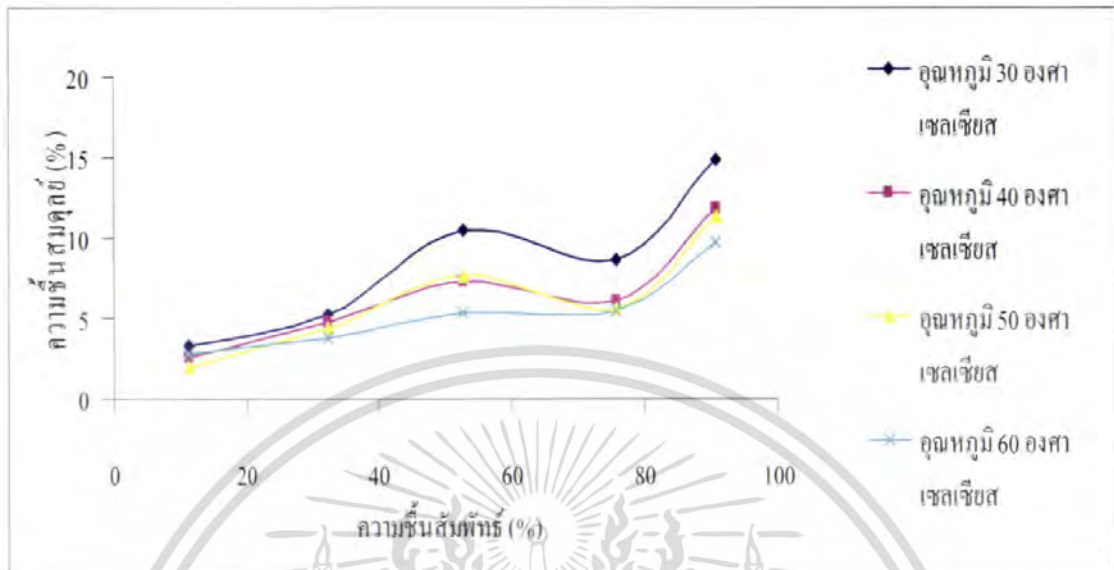
จากการเปรียบเทียบค่าความชื้นสมมูลที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้โดยใช้สมการความชื้นสมมูล โดยใช้การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ดังสมการ

$$SE = \sqrt{\frac{\sum (y - y_p)^2}{n - p}}$$

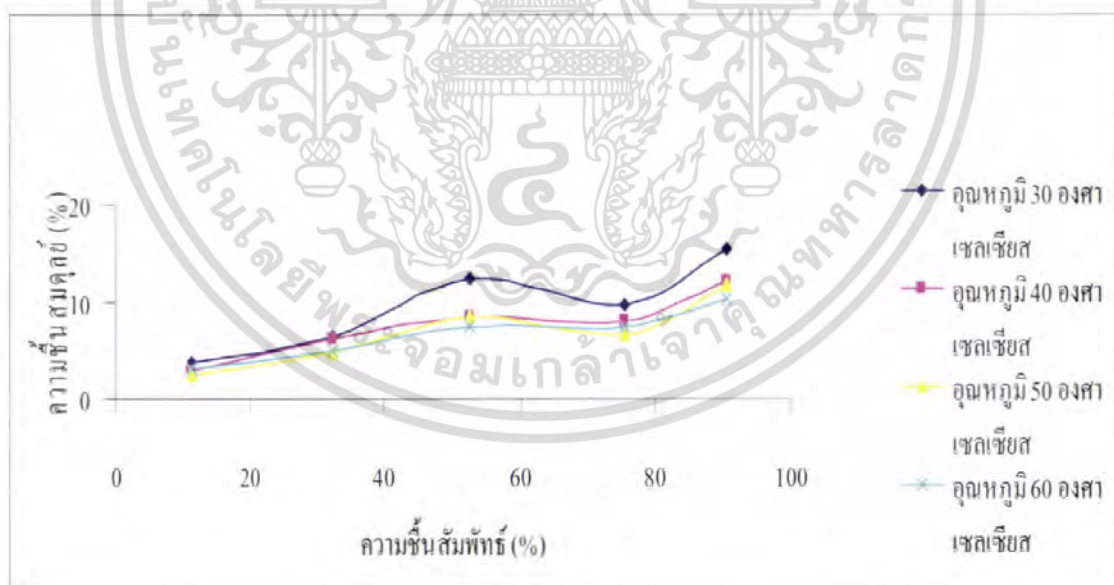
เมื่อ	SE	= Standard Error
	y	= ค่าที่ได้จากการทดลอง
	y <sub>p</sub>	= ค่าที่ได้จากการทำนาย
	n	= จำนวนข้อมูลทั้งหมด
	p	= จำนวนพารามิเตอร์ในแบบจำลอง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติจะพบว่าสมการแบบจำลองความชื้นสมมูลไอโซเทอมของ Modified Halsey มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานน้อยที่สุด และค่า R<sup>2</sup> สูงสุด ซึ่งแสดงว่าแบบจำลองความชื้นสมมูลไอโซเทอมของ Modified Halsey สามารถอธิบายความชื้นสมมูลของเมล็ดพริกไทยดำแบบคูดความชื้น เมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกแบบคูดความชื้น และเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกแบบคายความชื้นได้ดีที่สุด โดยที่แบบจำลองความชื้นสมมูลไอโซเทอมของ Modified Henderson สามารถอธิบายความชื้นสมมูลของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกแบบคูดความชื้นได้ดีที่สุด

จากการเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสมมูลกับความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ แสดงดังรูป จะพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความชื้นสมมูลจะมีค่าลดลง

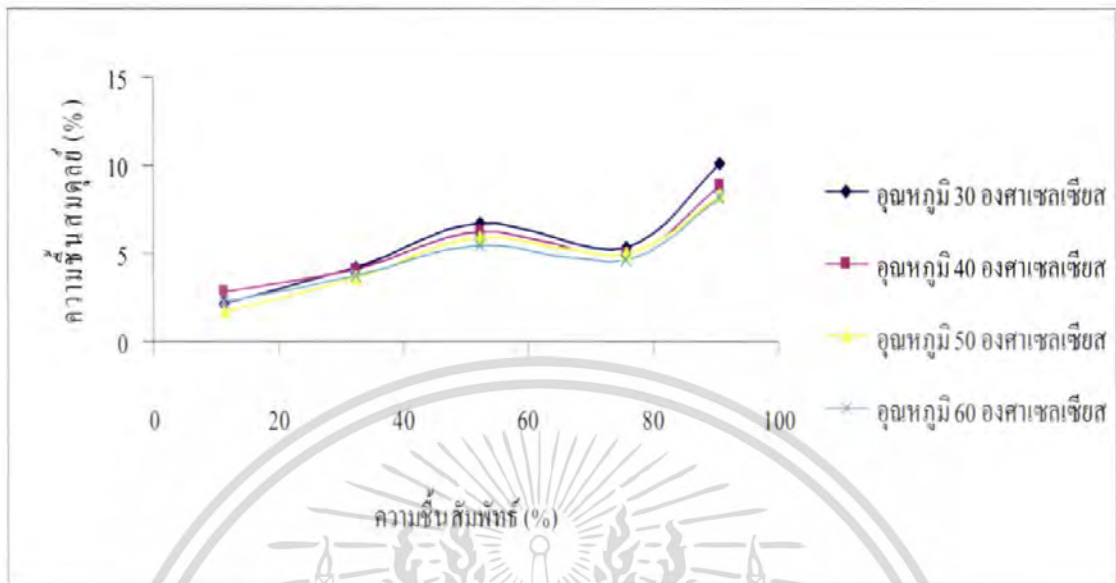


รูปที่ 4.25 Sorption Isotherm ของเมล็ดพริกไทยคั่วแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

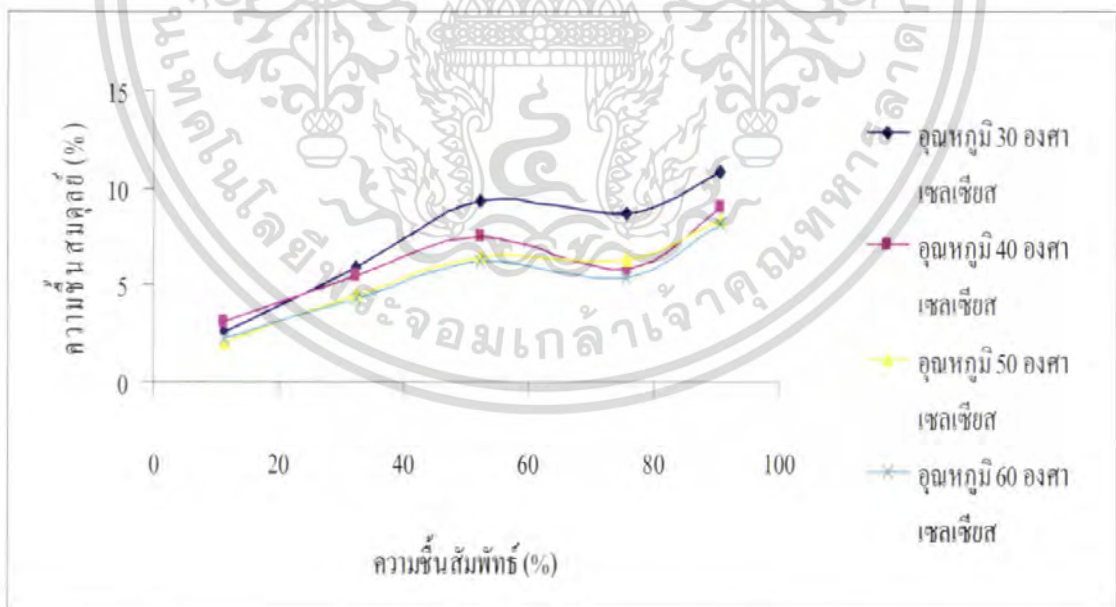


รูปที่ 4.26 Sorption Isotherm ของเมล็ดพริกไทยคั่วแบบคายความชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

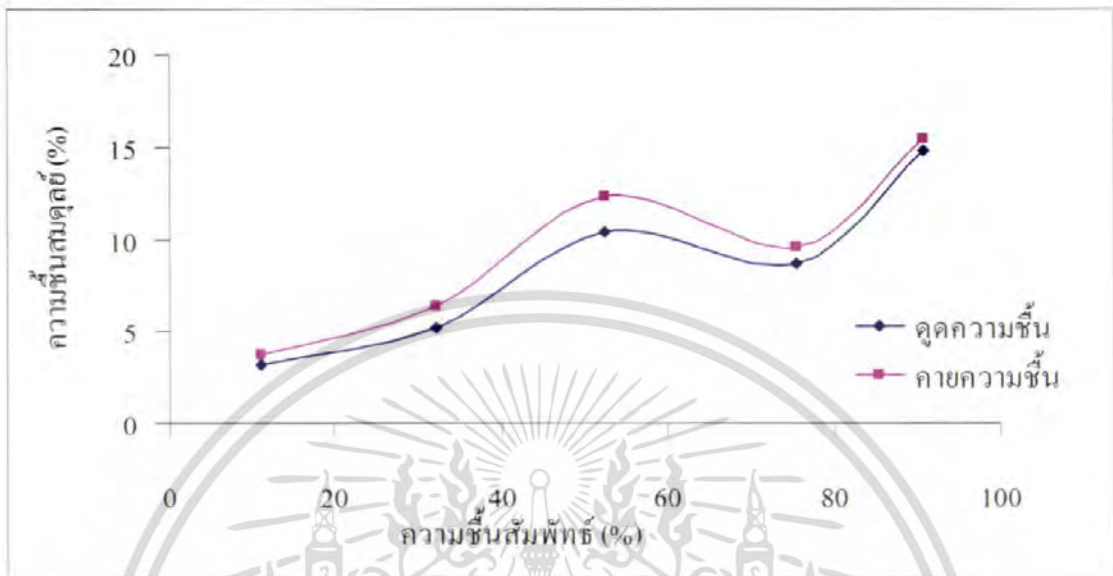


รูปที่ 4.27 Sorption Isotherm ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

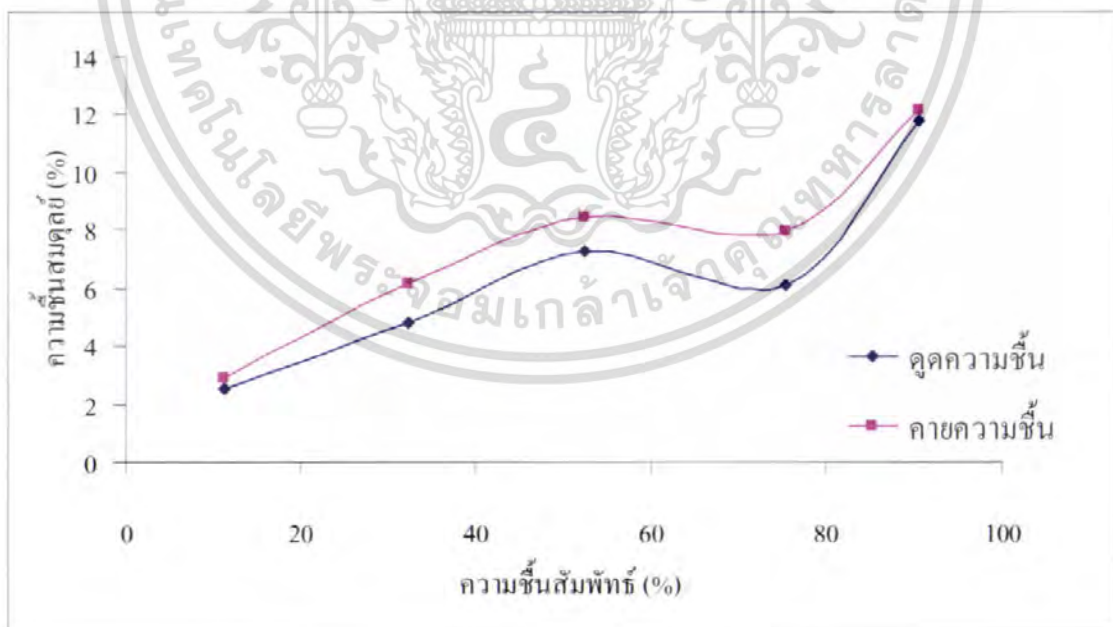


รูปที่ 4.28 Sorption Isotherm ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกแบบคายความชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

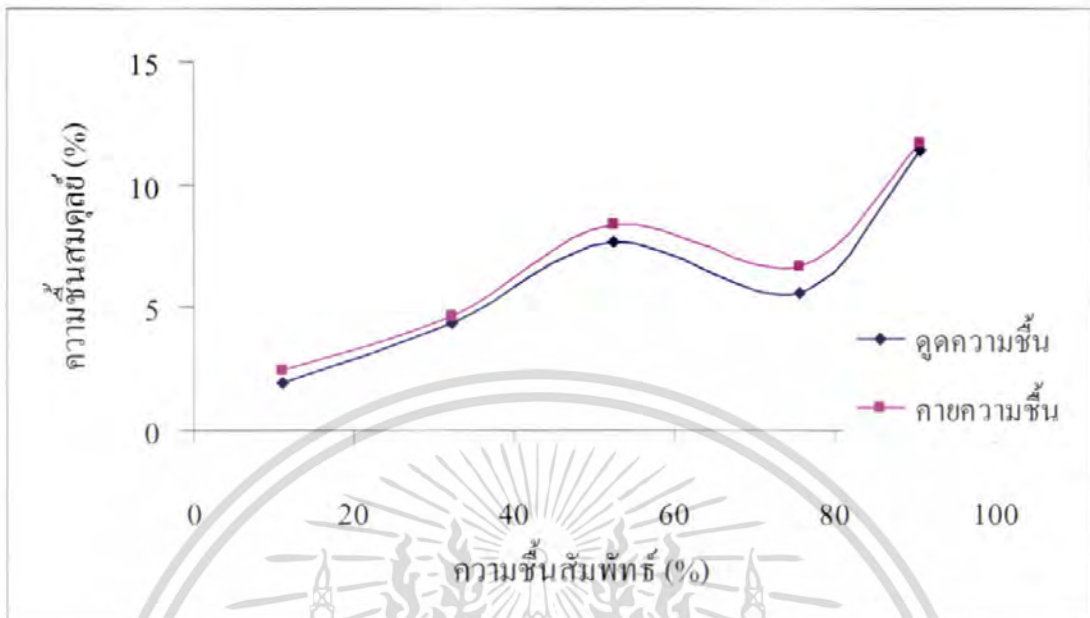


รูปที่ 4.29 Hysteresis ของเมล็ดพริกไทยดำที่อุณหภูมิ 30 °C

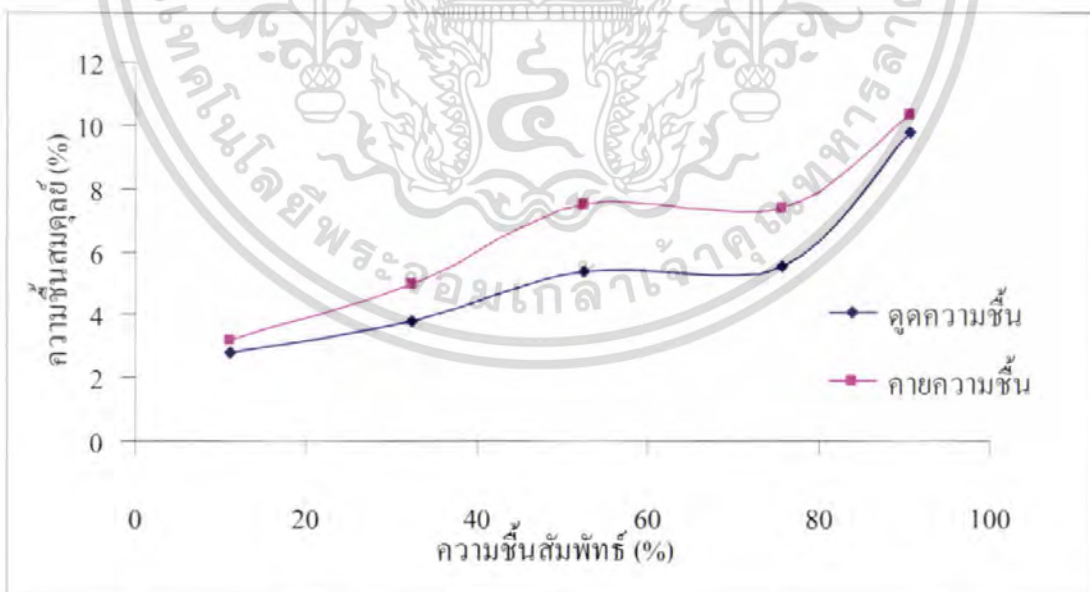


รูปที่ 4.30 Hysteresis ของเมล็ดพริกไทยดำที่อุณหภูมิ 40 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

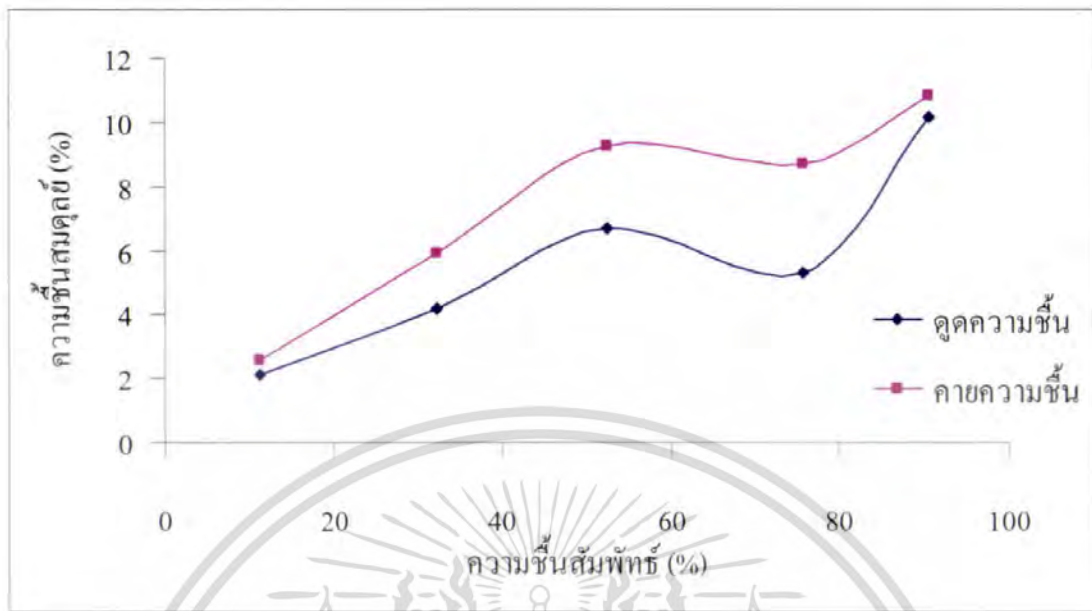


รูปที่ 4.31 Hysteresis ของเมล็ดพริกไทยค้ำที่อุณหภูมิ 50 °C

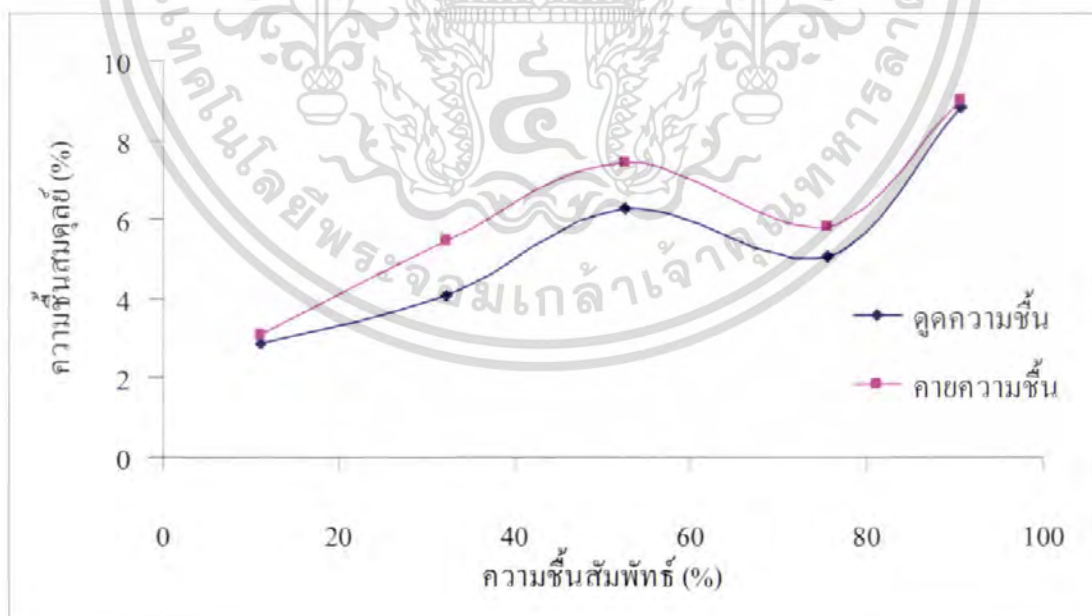


รูปที่ 4.32 Hysteresis ของเมล็ดพริกไทยค้ำที่อุณหภูมิ 60 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

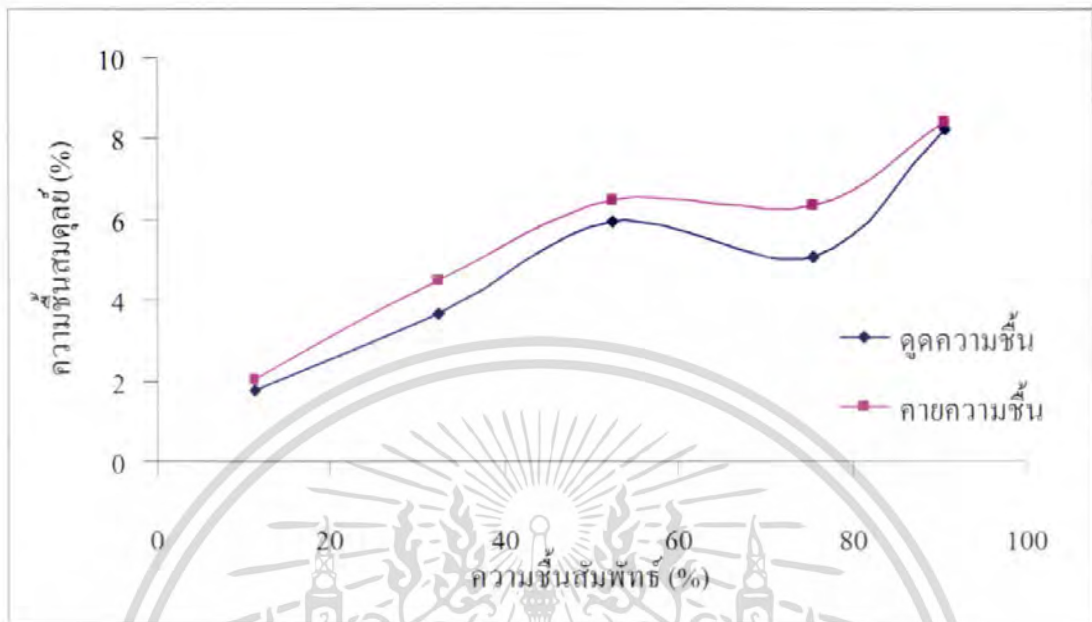


รูปที่ 4.33 Hysteresis ของเมล็ดพริกไทยดำดอกเปลือกที่อุณหภูมิ 30 °C

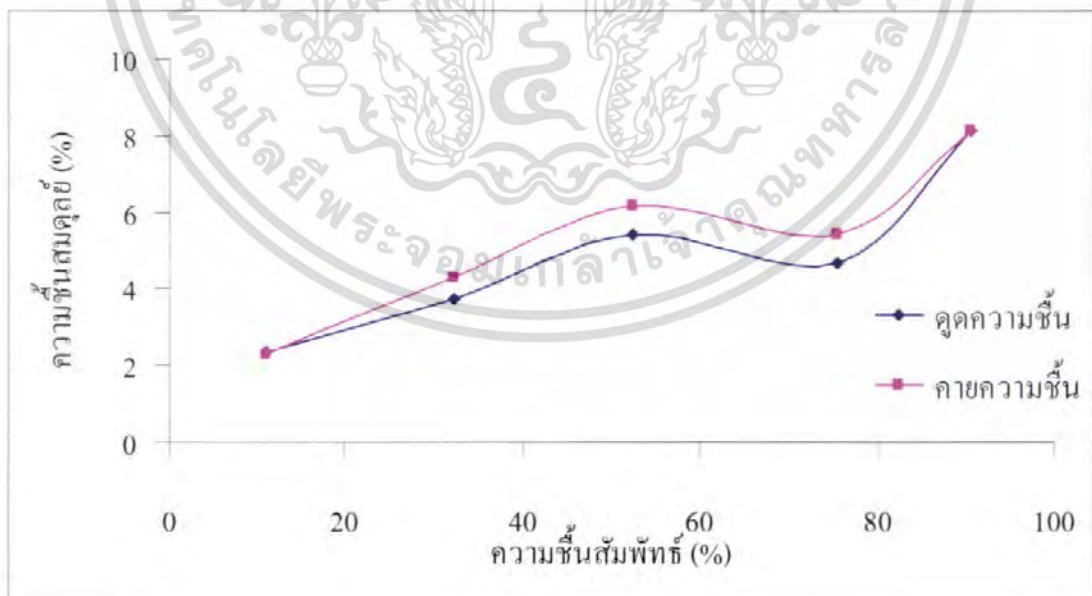


รูปที่ 4.34 Hysteresis ของเมล็ดพริกไทยดำดอกเปลือกที่อุณหภูมิ 40 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.35 Hysteresis ของเมก้าดพริกไทยค่าลอคเปลือกที่อุณหภูมิ 50 °C



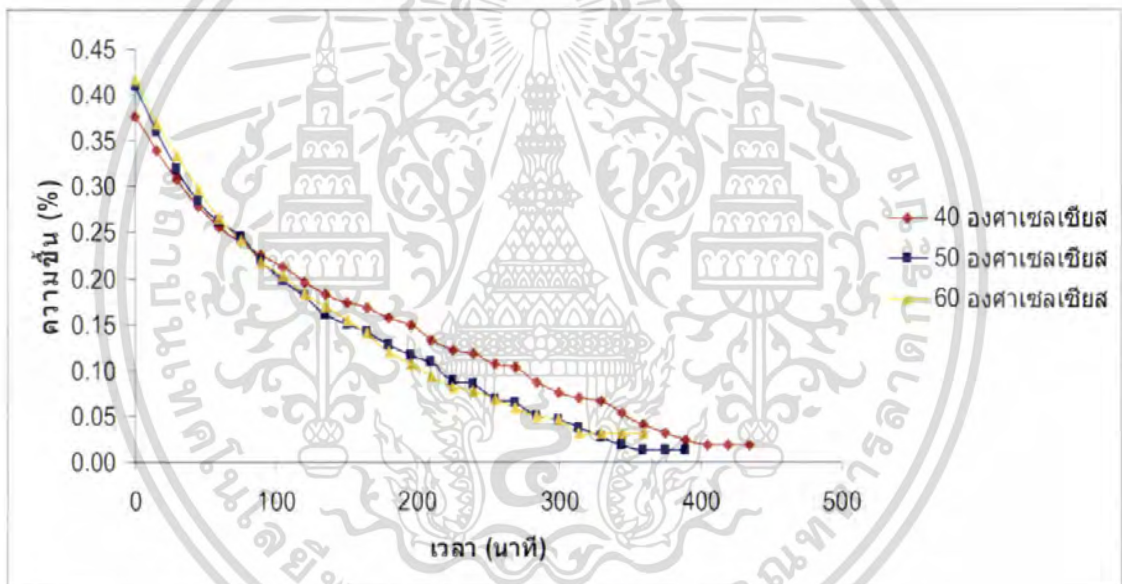
รูปที่ 4.36 Hysteresis ของเมก้าดพริกไทยค่าลอคเปลือกที่อุณหภูมิ 60 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

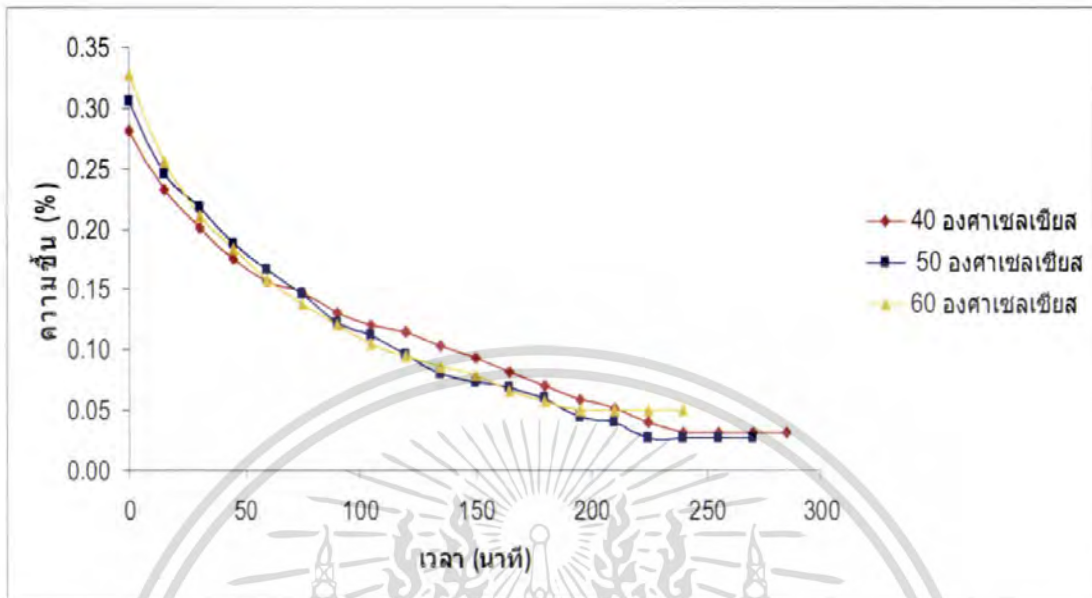
#### 4.13 ผลการทดลองการหาอัตราการอบแห้งแบบชั้นบาง

ผลการทดลองการหาอัตราการอบแห้งแบบชั้นบางของเมล็ดพริกไทยดำและเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกโดยศึกษาที่อุณหภูมิความร้อน 40 - 60 °C จะได้ผลดังตาราง ข - 39 และตาราง ข - 40 วิเคราะห์ได้ดังนี้

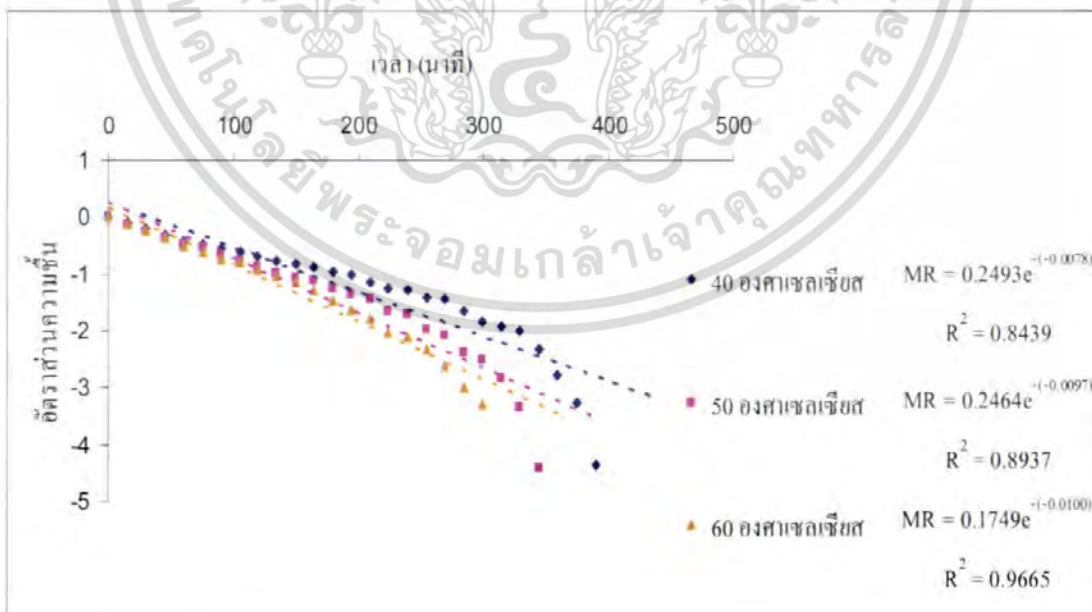
จากการทดลองพบว่าอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการอบแห้งแบบชั้นบาง พบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เวลาที่ใช้ในการอบแห้งมีค่าลดลง และอัตราการอบแห้งชั้นบางจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งอธิบายได้ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โมเลกุลของน้ำในชั้นเมล็ดพริกไทยได้รับความร้อนมากขึ้นก็จะมีพลังงานในการเคลื่อนที่มากพอที่จะเอาชนะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลได้ จึงทำให้น้ำเคลื่อนที่เร็วขึ้นทำให้อัตราการอบแห้งเป็นไปอย่างรวดเร็ว ดังแสดงในรูป



รูปที่ 4.37 Drying Curve ของเมล็ดพริกไทยดำที่อุณหภูมิต่าง ๆ

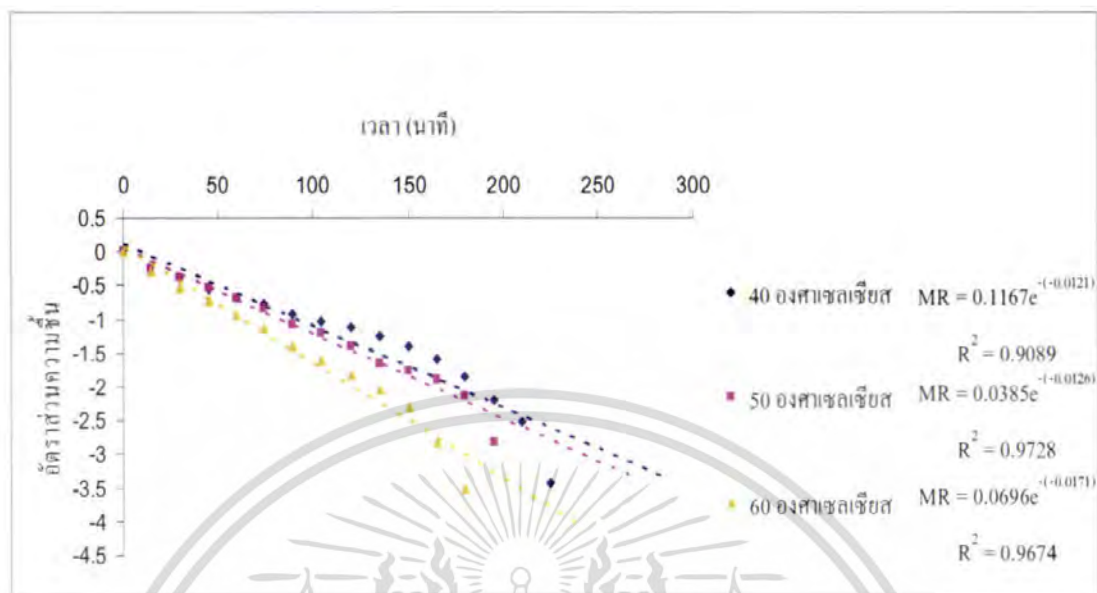


รูปที่ 4.38 Drying Curve ของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่อุณหภูมิต่าง ๆ



รูปที่ 4.39 อัตราส่วนความชื้นของเมล็ดพริกไทยดำที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.40 อัตราส่วนความชื้นของเมล็ดพริกไทยดำลวกเปลือกที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ตารางที่ 4.1 ค่าคงที่จากสมการของ Page ของเมล็ดพริกไทยดำ

อุณหภูมิ (°C)	A	k
40	0.2493	-0.0078
50	0.2464	-0.0097
60	0.1749	-0.0100

ตารางที่ 4.2 ค่าคงที่จากสมการของ Page ของเมล็ดพริกไทยดำลวกเปลือก

อุณหภูมิ (°C)	A	k
40	0.1167	-0.0121
50	0.0385	-0.0126
60	0.0696	-0.0171

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายของเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้น 11% w.b. (12.36% d.b.)

สมบัติทางกายภาพ	สมการความสัมพันธ์	R <sup>2</sup>	@ 11 %w.b.	S.D.
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย(mm.)	$D_g = 0.046M + 4.396$	0.8101	4.40	0.08
น้ำหนักเฉลี่ย(g)	$W_{1000} = 4.67M + 39.31$	0.9247	39.89	0.77
ความเป็นทรงกลม	$\phi = 0.0034M + 0.9916$	0.9117	0.992	0.01
พื้นที่ผิว(mm <sup>2</sup> )	$S_A = 5.715M + 43.117$	0.6512	76.70	11.20
ความหนาแน่นรวม(kg/cm <sup>3</sup> )	$\rho_b = -0.011M + 0.603$	0.8643	601	0.02
ความหนาแน่นเนื้อ(kg/cm <sup>3</sup> )	$\rho_k = -0.073M + 1.687$	0.9537	1680	0.12
ความพรุน(%)	$\epsilon = -2.633M + 68.617$	0.9343	68.29	4.31
มุมกองเชิงสถิตย์ (°)	$\theta = 2.005M + 22.223$	0.9646	22.47	3.23
มุมกองเชิงพลวัต(°)	$\theta = 2.702M + 16.494$	0.9389	16.83	4.41
สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน				
ไม้	$\mu = 0.0075M + 1.1452$	0.9793	1.15	0.15
เหล็ก	$\mu = 0.0018M + 0.8093$	0.6539	0.59	0.02
ยาง	$\mu = 0.0007M + 0.5922$	0.8093	0.81	0.04
อะคริลิก	$\mu = 0.0012M + 0.5408$	0.5066	0.54	0.03
การหดตัว(%)	$S = 2.523M - 0.097$	0.9776	3.78	4.03
ความร้อนจำเพาะ(kJ/kg °C)	$C_p = -0.11M + 2.238$	0.8272	2.22	0.19

สมบัติทางกายภาพของเมล็ดพริกไทยดำที่ได้ศึกษาแสดงดังตารางที่ 4.3 โดยแสดงเป็นสมการความสัมพันธ์ ค่าสหสัมพันธ์และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 4.4 สมบัติทางกายของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้น 11 % w.b. (12.36 % d.b.)

สมบัติทางกายภาพ	สมการความสัมพันธ์	R <sup>2</sup>	@ 11 %w.b.	S.D.
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย(mm.)	$D_g = 0.014M + 4.126$	0.9423	4.13	0.02
น้ำหนักเฉลี่ย(g)	$W_{1000} = 2.95M + 35.73$	0.9006	36.09	0.49
ความเป็นทรงกลม	$\phi = 0.0025M + 0.9929$	0.9889	0.993	0.00
พื้นที่ผิว(mm <sup>2</sup> )	$S_A = 0.342M + 53.556$	0.9453	55.56	0.56
ความหนาแน่นรวม(kg/cm <sup>3</sup> )	$\rho_b = -0.02M + 0.73$	0.9091	730	0.03
ความหนาแน่นเนื้อ(kg/cm <sup>3</sup> )	$\rho_t = -0.021M + 1.301$	0.9844	1300	0.03
ความพรุน(%)	$\epsilon = -2.14M + 52.2$	0.8438	51.93	3.68
มุมกองเชิงสถิตย์ (°)	$\theta = 2.325M + 20.733$	0.8790	21.02	3.89
มุมกองเชิงพลวัต(°)	$\theta = 2.767M + 16.299$	0.8801	16.64	4.66
สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน				
ไม้	$\mu = 0.0083M + 1.133$	0.7759	1.13	0.10
เหล็ก	$\mu = 0.0086M + 0.767$	0.9428	0.48	0.08
ยาง	$\mu = 0.0063M + 0.564$	0.8148	0.77	0.10
อะครีลิก	$\mu = 0.0069M + 0.482$	0.9221	0.56	0.08
การหดตัว (%)	$S = 2.407M - 0.705$	0.8794	3.99	4.06
ความร้อนจำเพาะ(kJ/kg°C)	$C_p = -0.039M + 2.181$	0.9097	2.18	0.06

สมบัติทางกายภาพของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ได้ศึกษาแสดงดังตารางที่ 4.4 โดยแสดงเป็นสมการความสัมพันธ์ ค่าสหสัมพันธ์และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## บทที่ 5

### สรุปผล

จากงานวิจัยนี้สามารถสรุปผลการทดลองเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปได้ดังนี้  
สรุปผล

1. จากสมการความขึ้นสมมูลย์รูปแบบต่าง ๆ คือ สมการของ Henderson, 1952 Chung & Pfost, 1967 Thompson, 1972 และ Iglesias & Chirife, 1976 ซึ่งแบบจำลองความขึ้นสมมูลย์ไอโซเทอมของ Modified Halsey (Iglesias & Chirife, 1976 ) สามารถอธิบายความขึ้นสมมูลย์ของเมล็ดพริก ไทยดำแบบดูคความขึ้น เมล็ดพริก ไทยดำแบบคายความขึ้น และเมล็ดพริก ไทยดำลอกเปลือกแบบดูคความขึ้น ได้ดีที่สุด และแบบจำลองความขึ้นสมมูลย์ไอโซเทอมของ Modified Henderson สามารถอธิบายความขึ้นสมมูลย์ของเมล็ดพริก ไทยดำลอกเปลือกแบบดูคความขึ้น ได้ดีที่สุด
2. ความสัมพันธ์ระหว่างความขึ้นสมมูลย์และความขึ้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิหนึ่งๆที่ได้จากการทดลองมีรูปเป็น sigmoid
3. อิทธิพลของอุณหภูมิในช่วง ที่มีผลต่อความขึ้นสมมูลย์เป็นไปอย่างชัดเจน
4. ขนาดของเมล็ดพริก ไทยดำและเมล็ดพริก ไทยดำลอกเปลือกมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความขึ้นเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้น
5. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของเมล็ดพริก ไทยดำและเมล็ดพริก ไทยดำลอกเปลือกมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความขึ้นเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้น
6. น้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดพริก ไทยดำและเมล็ดพริก ไทยดำลอกเปลือกมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความขึ้นเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้น
7. ความเป็นทรงกลมของเมล็ดพริก ไทยดำและเมล็ดพริก ไทยดำลอกเปลือกมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความขึ้นเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้น
8. พื้นที่ผิวของเมล็ดพริก ไทยดำและเมล็ดพริก ไทยดำลอกเปลือกมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความขึ้นเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้น
9. ความหนาแน่นรวมของเมล็ดพริก ไทยดำและเมล็ดพริก ไทยดำลอกเปลือกมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความขึ้นเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้น
10. ความหนาแน่นเนื้อของเมล็ดพริก ไทยดำและเมล็ดพริก ไทยดำลอกเปลือกมีค่าลดลง เมื่อความขึ้นเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้น

11. ความพรุนของเมล็ดพริกไทยดำและเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกมีค่าลดลง เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้น
12. สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของเมล็ดพริกไทยดำและเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่พื้นไม้มีค่ามากกว่าพื้นผิวยาง เหล็ก และอะครีลิกตามลำดับ
13. มุมกองวัสดุของเมล็ดพริกไทยดำและเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้น
14. การหดตัวของเมล็ดพริกไทยดำและเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้น
15. ความร้อนจำเพาะของเมล็ดพริกไทยดำและเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกมีค่าลดลง เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้น
16. อัตราการอบแห้งของเมล็ดพริกไทยดำและเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก เมื่ออุณหภูมิลมร้อนเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการอบแห้งลดลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

1. ชอบ ลายทอง 2530 “ การศึกษาคุณสมบัติเชิงฟิสิกส์ความร้อนของข้าวเปลือก ” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 147 หน้า
2. นิรนาม 1, 2541, “พริกไทย”, โกลด์หมอบ, ปีที่ 22, ฉบับวันที่ 9 กันยายน 2541, Available: [http://www.elib-online.com/doctors/herb\\_pepper1.html](http://www.elib-online.com/doctors/herb_pepper1.html) [14 กันยายน 2550]
3. นิรนาม 2, 2543, “พริกไทย”, ชีวิต, ปีที่ 2, ฉบับที่ 27, หน้า 60-61, Available : <http://www.waiwai.th.com/health/health26.htm> [14 กันยายน 2550]
4. นิรนาม 3 , Available :[http://www.organicthailand.com/product.detail\\_254403\\_th\\_1465405](http://www.organicthailand.com/product.detail_254403_th_1465405) [14 กันยายน 2550]
5. นิรนาม 4, Available: <http://blog.hunsa.com/peemmy6136/blog/4455> [22 ธันวาคม 2550]
6. นิรนาม 5, Available: [www.oae.go.th/statistic/export/1301PP.xls](http://www.oae.go.th/statistic/export/1301PP.xls) [22 ธันวาคม 2550]
7. นิรนาม 6, 2550, หลักการอบแห้ง แปรรูป ผัก ผลไม้, Available : [http://www.toolmartasia.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=97&Itemid=32](http://www.toolmartasia.com/index.php?option=com_content&task=view&id=97&Itemid=32) [22 ธันวาคม 2550]
8. นิรนาม 7, Available :[http://cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/aid/id78/e-learning/water\\_menu4.htm](http://cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/aid/id78/e-learning/water_menu4.htm) [22 ธันวาคม 2550]
9. มนทิชา วิทยาโกมลเลิศ วาสนา วงษ์เที่ยง และสุนิสา กุลพนาภินันท์ 2545 “ การศึกษาค่าพารามิเตอร์การอบแห้งเมล็ดงาขจัด ” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 63 หน้า
10. มาริษา มะหิ จอมภพ แววศักดิ์ สุวิทย์ เพชรห้วยลึก และพรภณา บัวเพชร 2549 “ การศึกษาความชื้นสมดุลของแกนสับประคัธแอม ” ศูนย์วิจัยและสาธิตระบบพลังงานทดแทนภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
11. รัชณี ยืนยาว สุวรรณิ มหณรงค์ชัย และอังคณา สีลาเลิศอำไพ 2537 “ การศึกษาค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบเครื่องอบแห้งเมล็ดพริกไทย ” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 66 หน้า
12. วินิต ชินนาพันธ์ ปวีณา ประดิษฐ์พงษ์ และรัตนา ม่วงรัตน์ 2548 “การศึกษาวอเตอร์ซอพชั่นไอโซเทอมของแป้งข้าวหอมมะลิ 105 ” ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. สาทิป รัตนภาสกร 2545 “ การอบแห้งและเก็บรักษามะลิสดพืช ” เอกสารคำสอน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หน้า 4-49
14. Aviara N. A., O. O. Ajibola and S. A. Oni, 2004, “ Sorption equilibrium and thermodynamic characteristics of soya bean ”, *Journal of Biosystems Engineering*, Vol. 87(2), 179-190.
15. Bala B.K., 1983, “ Drying And Storage Of Cereal Grains ”, Science Publishers, Inc. U.S.A., p.121-124
16. Chung, D.S. and H.B. Pfof, 1967a. Adsorption and desorption of water by cereal grains and their products. Part I : Heat and free energy changes of adsorption and desorption. *Trans. Am. Soc. Agril Engrs.* 10(4) : 549-551 and 555
17. Edward A. Baryeh, 2002, “ Physical Properties of millet ”, *Journal of Food Engineering* 51(2002), p.39-46
18. Henderson, S.M., 1952. A basic concept of equilibrium moisture. *Agril Engng.* p.29-32
19. Hossain M.D., B.K. Bala, M.A. Hossain and M.R.A. Mondol 2000, “ Sorption isotherms and heat of sorption of pineapple ”, *Journal of Food Engineering*, 48
20. Majdi A. Al-Mahasneh, Taha M. Rababah and W. Yang 2007, “ Moisture sorption thermodynamics of defatted sesame meal ”, *Journal of Food Engineering*, 81(4), 735-740



**ภาคผนวก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

- ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำและเมล็ดพริกไทยดำดอกเปลือกที่ความชื้นต่าง ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก - 1 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้น 9.22 % (d.b.)

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
1	4.11	4.03	3.98	4.32	4.07	4.13	4.85	4.86	4.79
2	4.32	4.29	4.54	4.76	4.44	4.73	4.67	4.81	4.72
3	3.78	3.59	3.79	4.02	4.19	3.99	4.44	4.86	4.34
4	4.53	4.36	4.57	3.91	4.18	3.93	4.65	5.07	4.11
5	3.87	3.89	4.09	4.72	4.34	4.76	4.32	4.75	4.27
6	4.21	4.27	4.17	4.07	4.15	4.10	4.12	4.33	4.98
7	3.48	3.73	3.74	4.54	4.66	4.83	4.53	4.67	4.54
8	5.33	4.92	5.13	4.75	4.58	4.48	4.89	4.73	4.37
9	4.33	4.60	4.43	3.94	3.86	3.70	5.05	4.98	4.53
10	3.89	3.94	3.82	3.98	4.13	3.94	4.05	4.07	4.70
11	4.44	4.79	4.54	4.09	4.11	4.20	4.55	4.63	4.48
12	4.13	4.48	4.46	3.83	3.88	3.70	4.87	4.66	4.44
13	4.46	3.89	4.32	4.65	4.68	4.58	4.43	4.67	4.65
14	4.65	4.52	4.56	4.64	4.91	4.76	4.88	4.15	4.32
15	4.57	4.48	4.53	3.94	3.91	3.90	4.71	4.76	4.12
16	3.93	4.13	4.22	4.78	4.82	4.83	5.15	4.59	4.53
17	4.56	4.48	4.70	3.54	3.57	3.53	4.82	5.33	4.89
18	4.51	4.79	4.73	3.97	4.03	4.01	4.56	4.66	5.05
19	4.66	4.08	4.88	4.50	4.37	4.48	4.97	4.76	4.05
20	4.61	3.56	4.42	4.05	4.01	4.02	4.86	4.58	4.55
21	4.53	4.10	4.70	4.53	4.62	4.48	4.64	4.56	4.87
22	4.17	4.55	4.14	4.29	4.42	4.02	4.60	4.74	5.60
23	3.52	4.55	3.63	4.35	4.22	4.78	4.75	4.63	4.33
24	4.19	4.23	4.25	4.42	4.63	3.93	4.54	4.76	4.53
25	4.71	3.85	4.50	3.96	4.35	4.31	4.46	4.69	4.71
26	4.32	4.42	4.31	4.40	4.36	4.51	4.18	4.54	4.56
27	4.00	4.84	4.04	4.29	4.31	3.98	4.86	4.46	4.38
28	3.80	3.93	3.94	4.94	4.91	4.43	4.76	4.32	4.47
29	4.50	4.11	4.47	4.59	4.51	4.14	4.35	4.56	4.93
30	4.53	4.22	4.79	4.64	4.74	4.83	4.96	4.53	4.84
31	4.06	4.49	3.99	4.88	4.82	4.39	4.77	4.22	4.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมตริกที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
32	4.22	4.62	4.14	4.82	4.88	4.54	4.38	4.70	4.65
33	4.46	4.31	4.47	4.25	3.88	4.85	4.85	4.73	4.27
34	4.58	4.43	4.40	4.22	4.39	4.63	4.75	4.88	4.86
35	4.59	4.21	4.51	4.38	4.12	4.21	4.72	4.42	4.76
36	4.33	4.55	4.42	4.82	4.87	4.21	4.47	4.70	4.14
37	4.24	4.58	4.18	4.71	4.51	4.04	4.15	4.40	4.96
38	4.06	4.34	4.11	4.47	4.52	4.77	4.23	4.80	4.77
39	4.53	3.71	4.50	4.62	4.40	4.66	4.45	4.93	4.38
40	4.49	4.15	4.59	4.45	4.63	4.50	4.92	4.72	4.85
41	4.31	4.43	4.52	4.03	4.20	4.29	4.55	4.16	4.75
42	3.84	3.40	3.73	4.15	3.53	4.52	4.83	4.36	4.72
43	4.04	3.14	4.17	3.50	3.45	4.31	4.40	4.60	4.47
44	4.17	4.37	4.58	3.64	3.77	3.91	4.57	4.78	4.15
45	3.33	4.12	3.43	3.79	3.83	3.46	4.46	4.28	4.21
46	3.01	3.14	2.98	3.96	3.94	3.89	4.77	4.86	4.60
47	4.75	3.05	4.26	4.30	4.58	3.62	4.76	4.85	4.78
48	4.08	4.26	4.03	4.31	4.46	3.84	4.33	4.53	4.28
49	3.26	3.85	3.40	4.60	4.53	4.39	4.55	4.06	4.86
50	4.65	4.87	4.77	4.30	4.13	4.41	4.03	4.22	4.47
51	4.50	4.79	4.65	3.69	3.73	3.79	4.39	4.46	4.45
52	4.31	4.21	4.50	4.84	4.45	4.23	4.78	4.58	4.66
53	4.60	4.78	4.31	4.10	3.84	3.50	4.60	4.59	4.75
54	4.78	4.56	4.60	4.65	4.39	4.37	4.30	4.33	4.63
55	4.56	4.77	4.78	4.34	4.41	4.85	4.50	4.24	4.41
56	4.44	4.21	4.28	4.22	4.65	4.43	4.31	4.06	4.27
57	4.85	4.53	4.86	4.56	4.23	4.42	4.60	4.53	4.56
58	4.97	4.72	4.85	4.71	4.63	4.45	4.78	4.49	4.58
59	4.77	4.66	4.97	4.64	4.26	4.70	4.28	4.31	4.29
60	4.75	4.58	4.77	4.43	4.29	4.44	4.86	4.43	4.93
61	4.63	4.55	4.75	4.42	4.85	4.65	4.85	4.42	4.75
62	4.91	4.56	4.63	4.42	4.67	4.34	4.97	4.45	4.80
63	4.96	4.55	4.91	4.22	4.44	4.22	4.77	4.70	4.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
64	4.43	4.89	4.75	4.18	4.65	4.56	4.75	4.10	4.33
65	4.63	4.75	4.98	4.49	4.57	4.78	4.99	4.65	4.77
66	4.50	4.69	4.75	4.98	4.34	4.85	4.64	4.34	4.43
67	4.29	4.60	4.73	4.67	4.53	4.42	4.01	4.22	4.42
68	4.52	4.30	4.22	4.77	4.82	4.58	4.79	4.56	4.45
69	4.31	4.71	4.64	4.75	4.91	4.90	4.21	4.71	4.70
70	4.58	4.85	4.64	4.37	4.18	4.02	4.78	4.62	4.40
71	4.29	4.43	4.56	4.55	4.86	4.65	4.56	4.12	4.65
72	4.75	4.42	4.99	4.56	4.69	4.87	4.77	4.67	4.34
73	4.66	4.45	4.83	4.50	4.60	4.34	4.21	4.35	4.22
74	4.44	4.70	4.51	4.17	4.30	4.11	4.19	4.78	4.56
75	4.39	4.55	4.68	4.28	4.17	4.27	4.98	5.02	4.71
76	4.41	4.75	4.85	4.71	4.85	4.35	4.66	4.87	4.77
77	4.65	4.26	4.42	4.47	4.43	4.54	4.28	4.40	4.33
78	4.23	4.96	4.58	4.62	4.42	4.80	4.86	5.15	4.98
79	4.48	4.92	4.71	4.45	4.45	3.91	4.85	4.95	4.83
80	4.69	4.80	4.56	4.03	3.98	3.46	4.97	4.99	4.78
81	4.42	4.75	4.38	4.15	4.10	3.89	4.77	4.63	4.30
82	4.50	4.88	4.47	3.50	4.01	3.62	4.75	4.88	4.24
83	4.86	4.69	4.93	4.44	4.88	4.67	4.63	4.58	4.05
84	4.43	4.88	4.84	4.67	4.69	4.39	4.91	4.80	4.51
85	4.67	4.86	4.78	4.55	4.88	4.41	4.96	4.89	5.03
86	4.45	4.45	4.65	4.30	4.86	4.65	4.83	5.13	5.08
87	4.22	4.85	4.27	4.31	4.45	4.23	4.63	4.77	4.57
88	4.59	4.50	3.88	4.64	4.85	4.24	4.50	4.86	4.71
89	4.52	4.68	4.65	4.33	4.50	4.21	5.06	5.19	4.42
90	4.73	4.67	4.56	4.27	4.59	4.35	4.78	5.12	4.08
91	4.17	4.07	3.86	4.29	4.83	4.55	4.65	4.77	4.79
92	4.58	4.35	4.50	4.78	4.63	4.58	4.34	4.47	4.30
93	4.79	4.94	4.85	4.65	4.79	4.43	4.22	4.44	4.37
94	4.89	5.14	4.96	4.64	4.66	4.63	4.19	4.32	4.53
95	4.26	4.36	4.44	5.05	4.93	4.87	4.86	4.65	4.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
96	4.03	4.16	4.11	4.57	4.64	4.44	4.55	4.94	4.72
97	4.43	4.64	4.03	4.39	4.68	4.75	4.29	4.30	4.03
98	4.77	5.05	5.08	4.97	5.24	5.04	4.21	4.42	4.36
99	4.65	4.71	4.90	4.65	4.79	4.26	4.98	4.50	4.66
100	4.45	4.65	4.17	4.23	4.53	4.64	4.38	4.12	4.28
เฉลี่ย	4.39	4.41	4.44	4.39	4.43	4.34	4.61	4.61	4.56

ตาราง ก - 2 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้น 18.31 % (d.b.)

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
1	4.65	4.95	4.82	4.18	4.27	4.30	4.65	4.32	4.96
2	4.29	4.55	4.53	4.37	4.16	4.42	4.87	4.55	4.92
3	4.36	4.22	4.26	4.37	4.33	4.50	4.34	3.91	4.80
4	4.28	4.19	4.34	5.07	4.88	4.12	4.11	5.02	4.75
5	4.26	4.35	5.28	4.50	4.59	4.50	4.27	4.56	4.88
6	5.25	5.19	3.94	4.17	4.18	5.11	4.01	4.10	4.69
7	4.48	4.56	4.68	4.92	4.84	4.85	4.54	4.82	4.88
8	3.86	4.12	4.36	4.55	4.29	4.96	4.37	4.93	4.86
9	4.68	4.43	4.41	4.83	4.73	4.44	4.53	4.75	4.45
10	4.41	4.42	4.50	4.40	4.50	4.72	4.91	4.80	4.85
11	4.46	4.47	4.39	4.57	4.67	4.03	4.48	4.40	4.50
12	4.57	4.64	4.07	4.46	4.36	5.08	4.73	4.33	5.05
13	4.30	4.31	4.57	4.77	4.70	4.90	4.44	4.13	5.12
14	4.00	3.98	4.32	4.76	4.50	4.17	4.72	4.75	4.07
15	4.52	4.71	5.27	4.33	4.70	4.70	4.15	4.26	4.35
16	4.09	4.31	4.93	4.55	4.68	4.39	3.85	4.96	4.94
17	5.52	5.29	5.06	4.03	3.91	4.55	4.60	4.92	5.14
18	5.02	4.79	4.30	4.39	4.50	4.75	4.25	4.80	4.50
19	4.82	4.83	4.17	4.78	4.88	4.26	4.05	4.75	4.71
20	4.76	4.51	4.44	3.76	3.85	4.96	5.14	4.88	3.87
21	4.25	4.27	4.59	4.98	5.15	4.92	4.21	4.69	4.60
22	4.32	4.38	4.86	4.43	4.46	4.80	5.32	4.88	3.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมตริกที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
23	4.74	4.71	4.26	3.87	3.79	4.75	3.98	4.86	4.56
24	4.43	4.66	3.96	3.67	3.97	4.88	5.07	4.45	4.31
25	4.03	3.88	4.84	4.40	4.60	4.69	5.32	4.85	4.15
26	3.95	4.36	4.22	4.42	4.29	4.88	4.98	4.50	4.44
27	4.66	4.83	4.78	3.99	4-Jan	4.86	4.67	5.05	4.32
28	4.38	4.18	4.68	4.32	4.26	4.45	4.77	5.12	4.16
29	4.71	4.67	5.23	4.21	4.45	4.85	4.75	4.07	4.55
30	4.43	4.82	5.27	4.44	4.55	4.10	4.37	4.85	3.88
31	5.25	5.52	4.87	4.12	3.82	4.52	4.55	4.96	3.69
32	4.58	4.55	4.38	4.46	4.47	5.69	4.04	4.44	4.56
33	4.83	5.05	4.40	4.29	4.13	4.59	4.50	4.72	3.86
34	4.43	4.10	4.2	4.06	4.25	4.34	4.71	4.03	4.50
35	4.68	4.36	4.13	3.66	3.81	4.91	3.87	5.08	4.84
36	4.39	4.78	3.64	4.16	4.32	4.30	4.60	4.90	3.85
37	4.21	4.16	4.39	4.35	4.33	4.16	3.94	4.17	4.60
38	3.56	4.40	4.63	4.23	4.27	4.17	4.56	4.28	4.25
39	4.23	4.53	4.80	5.12	5.06	4.07	4.31	4.90	4.05
40	4.70	4.58	4.33	4.13	4.17	5.29	3.87	4.60	5.03
41	4.41	5.04	4.20	4.39	4.86	4.34	4.90	4.62	4.70
42	3.98	4.30	4.77	4.06	4.01	5.40	4.04	5.15	4.60
43	4.27	4.18	3.58	3.91	3.55	4.33	4.52	4.81	4.95
44	4.79	4.71	3.80	4.17	4.21	5.08	4.65	4.22	4.71
45	3.59	3.44	4.07	3.95	3.87	5.31	4.22	4.00	4.38
46	3.87	3.62	4.27	4.37	4.28	4.92	3.99	4.52	4.46
47	4.26	4.15	3.88	3.53	3.25	4.71	3.44	4.09	4.93
48	4.20	4.34	4.61	4.43	4.39	4.58	4.75	5.52	4.05
49	4.07	4.04	4.20	3.85	3.41	4.78	4.73	5.02	3.90
50	4.54	4.78	4.98	3.73	3.80	4.65	4.62	4.82	4.54
51	4.42	4.08	4.86	4.79	4.78	4.34	4.64	4.76	3.64
52	5.05	4.79	4.43	4.95	4.16	4.22	4.01	4.25	4.39
53	3.82	4.30	4.67	4.06	4.40	4.19	4.79	4.32	4.63
54	3.55	4.37	4.45	4.56	4.53	4.86	4.21	4.74	4.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
55	4.40	4.53	4.22	4.71	4.58	4.55	4.78	4.43	4.33
56	3.58	4.91	5.14	5.33	5.04	4.29	4.56	4.03	4.20
57	4.75	4.27	4.21	4.12	4.30	3.99	4.01	3.95	4.77
58	4.72	4.73	5.32	4.67	4.18	4.12	4.54	4.66	3.58
59	4.38	4.68	3.98	5.06	4.71	3.67	4.80	4.38	3.80
60	3.92	4.39	5.07	4.78	3.44	4.57	5.02	3.64	4.07
61	4.20	4.04	5.32	4.65	3.62	5.00	5.13	3.44	4.27
62	3.94	4.21	4.98	4.34	4.15	5.21	5.04	4.24	3.88
63	4.53	3.88	4.67	4.22	4.34	4.98	4.26	4.08	4.61
64	4.91	4.68	4.77	4.19	4.04	4.87	4.64	4.36	4.20
65	4.27	4.72	4.75	4.86	4.78	4.73	4.56	4.10	4.98
66	5.02	5.13	4.37	4.55	4.08	4.18	4.99	4.56	4.86
67	4.92	5.02	4.55	4.29	4.79	4.49	4.37	4.23	4.43
68	5.21	4.74	4.04	3.99	4.30	3.84	4.51	3.67	4.52
69	4.64	4.08	4.50	4.12	4.37	4.48	4.51	4.42	4.91
70	5.05	5.20	4.71	3.67	5.18	4.69	5.19	5.05	4.72
71	4.71	5.11	4.30	4.57	5.55	4.06	4.83	3.82	5.31
72	4.65	4.40	4.24	5.00	4.98	4.50	4.63	3.55	4.54
73	4.94	5.15	4.05	5.21	5.10	4.86	4.50	4.40	5.78
74	5.13	5.65	4.27	3.55	4.78	4.43	5.25	3.58	5.13
75	4.56	4.99	5.02	4.40	4.56	4.67	4.93	4.75	5.51
76	4.31	4.64	4.92	3.58	4.77	4.45	4.64	4.72	5.57
77	3.87	4.01	5.21	4.75	4.21	4.22	5.41	4.38	4.71
78	4.90	4.79	4.64	4.72	4.19	5.14	5.63	3.92	5.63
79	4.04	4.21	5.05	4.38	3.98	4.21	4.79	4.37	4.28
80	4.52	4.78	4.71	3.92	4.66	5.32	5.01	4.55	5.01
81	4.65	4.94	4.65	4.20	4.78	3.98	5.05	4.04	4.20
82	4.22	5.13	4.94	3.94	4.13	5.07	4.27	4.50	4.11
83	3.99	5.18	5.13	4.25	3.79	4.04	5.02	4.71	4.55
84	3.44	5.55	5.18	4.45	4.36	4.52	4.92	4.30	4.08
85	4.75	4.98	5.55	3.60	4.87	4.65	5.21	4.24	4.79
86	4.73	5.10	4.98	4.55	4.73	4.22	4.64	4.05	4.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
87	4.62	4.44	4.85	4.21	5.20	3.99	4.44	4.27	4.37
88	4.64	4.75	4.43	4.34	4.29	3.44	4.75	5.02	5.18
89	4.01	5.04	4.42	4.68	4.55	4.75	5.04	4.92	5.55
90	4.79	4.27	4.64	4.39	4.98	4.73	4.26	5.21	4.98
91	4.21	4.73	4.56	4.04	5.10	4.62	4.64	4.64	5.10
92	4.78	4.68	4.99	4.21	4.39	4.64	4.56	5.05	4.78
93	4.56	4.39	4.37	4.78	4.11	4.50	4.99	4.71	4.56
94	4.08	4.04	4.51	4.65	4.70	4.63	5.13	4.42	4.77
95	5.20	4.21	5.19	4.34	5.04	4.91	5.18	4.64	4.21
96	5.11	3.88	4.83	5.18	4.26	4.27	5.55	4.56	4.19
97	4.40	4.43	4.92	5.55	4.64	5.02	4.94	4.99	3.98
98	5.15	4.42	5.21	4.98	4.56	4.45	5.13	4.37	4.66
99	4.56	4.45	4.64	5.10	4.99	3.60	5.18	4.51	4.78
100	4.39	4.70	5.05	4.78	5.13	4.55	5.55	5.19	4.13
เฉลี่ย	4.47	4.56	4.60	4.40	4.43	4.57	4.64	4.52	4.56

ตาราง ก - 3 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้น 28.88 % (d.b.)

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
1	3.57	3.71	3.58	4.22	4.22	4.73	4.12	4.56	5.55
2	4.44	4.21	4.36	4.38	4.56	4.60	4.53	4.99	4.98
3	4.43	4.65	4.54	4.82	4.71	5.06	4.82	5.13	5.10
4	4.45	4.72	4.48	4.71	5.33	4.63	4.91	5.18	4.44
5	4.53	4.87	4.45	4.47	4.12	4.66	4.18	5.55	4.75
6	3.87	4.25	4.02	4.62	4.67	4.54	4.86	4.98	5.04
7	4.45	4.26	4.40	4.45	5.06	4.15	4.76	5.10	4.27
8	4.20	4.05	4.07	4.03	4.78	5.39	4.14	4.78	4.73
9	4.39	4.49	4.27	4.15	4.65	5.22	4.96	4.56	4.68
10	4.93	5.02	5.05	3.50	4.34	5.33	4.77	4.77	4.39
11	4.69	4.33	4.28	3.64	4.22	5.95	4.38	4.21	4.04
12	4.50	4.53	5.15	3.79	5.33	4.76	4.85	4.55	4.21
13	4.62	4.71	4.98	3.96	4.12	5.37	4.75	4.29	3.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
14	4.36	4.56	4.32	4.30	4.67	5.75	4.72	3.99	4.43
15	4.51	4.38	4.17	4.31	5.06	4.87	4.47	5.21	4.42
16	4.88	4.47	4.30	4.60	3.69	4.25	4.15	4.64	4.45
17	5.07	4.93	4.90	4.30	4.56	4.26	4.21	5.05	4.70
18	4.71	4.84	4.75	3.69	3.86	4.05	4.19	4.71	4.30
19	3.94	4.78	4.03	4.29	4.50	4.49	3.98	4.65	4.15
20	4.30	4.65	4.29	3.99	4.84	5.02	4.66	4.94	3.50
21	4.29	4.27	3.59	5.21	3.54	4.33	4.78	5.13	3.64
22	4.47	3.88	4.36	4.64	3.87	4.53	4.90	5.18	3.79
23	4.35	3.69	3.89	5.05	4.90	4.71	4.17	5.55	3.96
24	3.94	4.56	4.27	4.71	4.04	4.56	4.55	4.98	4.30
25	3.79	3.86	3.73	4.65	4.52	4.38	4.65	4.85	4.31
26	4.39	4.50	4.92	4.94	4.65	4.47	4.62	4.43	4.60
27	4.75	4.84	4.60	5.13	4.22	4.93	4.79	4.42	4.30
28	4.46	3.54	3.94	5.18	3.99	4.84	4.59	4.45	3.69
29	4.58	3.87	4.79	5.55	3.44	4.10	4.24	4.70	5.05
30	4.57	4.90	4.48	4.98	4.60	4.65	4.10	4.77	4.10
31	4.30	4.04	3.89	4.85	4.30	4.34	5.27	4.21	4.36
32	4.56	4.52	4.52	4.43	4.17	4.22	5.01	4.19	4.78
33	4.21	4.65	4.48	3.88	4.85	4.56	3.79	3.98	4.16
34	4.56	4.22	4.13	3.69	4.43	4.71	4.67	4.66	4.40
35	4.80	3.99	4.48	4.56	3.85	5.33	4.44	4.78	4.53
36	4.68	3.44	4.79	3.86	4.21	4.12	4.75	4.13	4.58
37	4.72	4.60	4.08	4.50	3.88	4.67	5.04	3.79	5.04
38	5.13	4.30	3.56	4.84	4.68	5.06	4.26	4.36	4.30
39	5.02	4.17	4.10	3.54	4.72	4.78	4.64	4.87	4.18
40	4.74	4.85	4.55	3.87	5.13	4.65	4.69	4.73	4.71
41	4.08	4.43	4.55	4.90	5.02	4.27	4.06	5.20	4.72
42	5.20	3.85	4.23	4.04	4.74	3.88	4.50	4.29	4.38
43	5.11	3.77	3.85	4.52	4.08	3.69	4.86	4.55	3.92
44	4.40	4.15	4.42	4.65	5.20	4.56	4.43	4.42	4.66
45	5.15	3.50	4.84	4.22	5.11	3.86	4.67	4.45	4.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดพืช	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
46	5.65	4.60	3.93	3.99	4.40	4.50	4.45	4.70	4.60
47	4.99	4.78	3.93	3.44	4.22	4.65	4.22	4.10	4.50
48	4.64	4.28	4.56	4.60	4.53	3.99	5.14	4.65	4.31
49	4.01	4.86	4.51	4.30	4.11	4.21	4.21	4.34	4.60
50	4.79	4.85	4.66	4.17	4.42	4.00	5.32	4.24	4.78
51	4.21	4.97	4.61	4.55	4.84	4.14	3.98	4.31	4.28
52	4.78	4.77	4.53	3.91	3.93	3.95	4.59	4.44	4.86
53	4.56	4.75	4.17	4.02	3.93	4.40	4.90	3.98	4.64
54	4.77	4.63	4.53	4.56	4.56	4.80	4.04	4.56	4.56
55	4.21	4.45	4.19	4.57	4.51	4.93	4.52	5.13	4.99
56	4.19	4.27	4.18	4.82	4.66	4.72	4.65	4.77	4.37
57	4.98	5.02	4.57	4.93	4.61	4.64	4.22	4.89	4.08
58	4.66	4.92	4.86	4.75	4.53	4.36	3.99	4.32	4.25
59	4.28	4.21	4.33	4.73	4.17	4.60	3.44	4.34	5.11
60	5.01	4.64	4.50	4.50	4.57	4.78	4.60	4.68	4.40
61	4.84	4.86	4.53	4.17	4.19	4.28	4.30	4.39	5.15
62	4.77	4.71	4.06	4.92	4.57	4.86	4.50	4.04	5.65
63	4.66	4.65	4.22	4.55	4.71	4.85	4.31	4.21	4.99
64	4.50	4.94	4.46	4.83	4.42	4.97	4.60	4.78	4.64
65	4.29	4.30	4.58	4.40	4.36	4.77	4.78	4.65	4.01
66	4.52	4.42	4.79	4.57	4.79	4.75	4.28	4.34	4.79
67	4.31	4.50	4.95	4.46	4.30	4.63	4.86	4.22	4.21
68	3.91	4.12	4.06	4.77	4.37	4.91	4.85	4.19	4.78
69	4.46	4.50	4.56	4.76	4.53	4.27	4.97	4.72	4.56
70	4.99	5.11	4.71	4.33	4.91	5.25	4.77	4.34	4.77
71	4.65	4.85	5.13	4.55	4.27	4.59	4.75	4.11	4.21
72	3.84	3.92	4.12	4.93	5.02	4.83	4.63	4.27	4.64
73	4.39	4.44	4.67	4.39	4.92	4.63	4.91	4.98	4.86
74	4.41	4.72	5.06	4.78	5.21	4.79	4.96	4.54	4.71
75	4.65	4.82	4.78	4.04	4.64	4.66	4.43	4.37	4.65
76	4.23	4.78	4.65	4.50	5.05	4.93	4.63	4.53	4.94
77	3.93	4.21	4.34	4.71	4.71	4.64	4.50	4.70	4.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
78	3.94	4.17	4.22	3.87	4.65	5.41	4.44	4.48	4.42
79	4.45	4.55	4.19	4.60	5.07	5.24	4.75	4.44	4.50
80	4.37	4.65	4.86	3.94	3.90	4.19	5.04	4.65	4.12
81	4.58	4.62	4.55	4.56	4.65	5.01	4.26	4.32	4.50
82	4.76	4.79	4.29	4.82	4.88	5.05	4.64	4.12	5.11
83	4.34	4.59	4.56	4.15	5.02	5.21	4.56	4.53	4.85
84	4.83	4.44	4.98	4.44	4.97	4.69	4.99	4.93	3.92
85	3.98	4.10	4.02	4.32	4.74	4.60	4.37	4.75	4.44
86	4.76	5.01	4.86	4.16	4.45	4.30	4.51	4.80	4.85
87	4.98	5.07	4.78	4.55	4.83	4.37	5.19	4.40	4.97
88	4.32	4.75	4.55	4.78	4.47	4.85	4.85	4.33	4.77
89	4.48	4.33	4.55	4.44	4.47	4.43	4.42	4.77	4.75
90	4.57	4.67	5.04	4.56	4.77	4.30	4.58	4.43	4.99
91	4.78	4.73	4.69	3.86	4.31	4.17	4.09	4.42	4.64
92	4.86	4.98	4.60	4.50	4.34	4.85	4.02	4.45	4.01
93	4.31	4.07	4.50	4.65	4.10	4.43	4.65	4.70	4.79
94	4.51	4.63	4.31	4.87	4.65	4.42	4.12	4.40	4.21
95	4.68	4.66	4.60	4.34	4.34	4.45	4.67	4.65	4.78
96	4.43	5.00	4.55	4.11	4.22	4.70	5.06	4.34	4.56
97	4.14	4.15	4.04	4.27	4.56	4.86	4.78	4.22	4.77
98	4.83	4.66	4.50	5.06	4.71	4.69	4.93	4.66	4.21
99	4.03	4.28	4.17	4.78	4.77	4.60	4.64	4.28	4.19
100	4.15	4.32	4.17	5.20	4.33	4.30	5.41	4.86	4.98
เฉลี่ย	4.51	4.48	4.43	4.45	4.52	4.64	4.57	4.58	4.53

ตาราง ก-4 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้น 43.16 % (d.b.)

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
1	4.15	3.92	3.90	4.10	4.23	4.25	4.30	5.00	4.70
2	3.85	3.70	3.82	4.52	4.62	4.42	4.42	5.21	4.39
3	4.60	4.45	4.26	5.69	5.40	5.41	4.50	4.02	4.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
4	4.25	4.17	4.00	4.59	4.55	4.58	4.12	4.65	4.75
6	5.03	4.90	4.72	4.91	5.07	4.86	5.11	4.34	4.96
7	4.70	4.60	4.40	4.30	4.27	4.43	4.85	4.11	4.92
8	4.60	4.62	4.80	4.16	4.19	4.67	4.96	4.27	4.80
9	4.95	5.15	4.93	4.17	4.34	4.45	4.44	4.01	4.75
10	4.71	4.81	4.72	4.07	4.18	4.22	4.72	4.54	4.88
11	4.38	4.22	4.16	5.29	5.23	5.14	4.03	4.37	4.69
12	4.46	4.42	4.36	4.34	4.33	4.21	5.08	4.53	4.88
13	4.93	5.05	4.89	5.40	5.07	5.32	4.90	4.91	4.86
14	4.05	3.82	3.85	4.33	4.19	3.98	4.17	4.48	4.45
15	3.90	3.55	3.90	5.08	4.94	5.07	4.28	4.73	4.85
16	4.54	4.40	4.32	5.31	5.28	5.32	4.90	4.44	4.50
17	3.65	3.58	3.55	4.92	4.69	4.98	4.60	4.72	5.05
18	4.98	4.75	4.80	4.71	4.65	4.67	4.62	4.15	5.12
19	4.75	4.72	4.69	4.58	4.47	4.77	5.15	3.85	4.07
20	4.45	4.38	4.10	4.69	4.73	4.75	4.81	4.60	4.35
21	3.80	3.92	3.76	4.18	4.25	4.37	4.22	4.25	4.94
22	4.15	4.20	4.13	4.49	4.58	4.55	4.33	4.05	5.14
23	4.05	3.94	4.01	3.84	4.02	4.04	5.08	5.03	3.92
24	4.22	4.25	4.12	4.48	4.47	4.50	5.31	4.70	4.16
25	4.29	4.45	4.23	4.69	4.35	4.71	4.92	4.60	4.94
26	4.36	3.60	4.53	4.06	3.84	3.87	4.71	4.95	4.93
27	3.80	4.55	3.73	4.50	4.18	4.60	4.58	4.71	4.75
28	4.45	4.21	4.39	3.90	3.92	3.94	4.69	4.38	4.80
29	4.35	4.34	4.26	4.62	4.64	4.56	4.18	4.46	4.40
30	4.25	4.31	4.27	4.40	4.43	4.31	4.49	4.93	4.33
31	4.23	4.45	4.25	4.46	4.42	4.15	3.84	4.05	4.13
32	4.60	4.26	4.41	4.52	4.42	4.44	4.48	3.90	5.24
33	4.22	4.09	4.17	4.23	4.22	4.32	4.69	4.54	5.10
34	4.13	4.96	3.90	4.26	4.18	4.16	4.06	3.65	3.77
35	4.03	4.16	4.61	4.69	4.49	4.55	4.50	4.98	4.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
36	4.29	4.19	4.25	3.78	3.77	3.88	4.86	4.75	4.36
37	4.14	4.50	4.17	3.92	3.67	3.69	4.43	4.45	4.79
38	4.53	4.10	4.45	3.93	4.46	4.56	4.67	3.80	4.95
39	4.14	4.93	4.02	3.93	3.80	3.86	4.45	4.15	4.06
40	4.09	4.80	4.90	4-Jan	4.15	4.50	4.22	3.93	4.56
41	4.86	3.91	4.75	4.48	4.68	4.84	5.14	4-Jan	4.71
42	3.95	3.67	3.75	3.64	3.56	3.54	4.21	4.48	5.33
43	3.74	3.45	3.70	3.44	3.52	3.87	5.32	3.64	4.12
44	3.66	4.07	3.41	4.24	4.29	4.90	3.98	3.44	4.67
45	4.15	4.13	4.11	4.08	4.04	4.04	5.07	4.24	5.06
46	4.17	3.82	4.08	4.36	Jan-00	4.52	5.32	4.08	4.78
47	3.85	3.72	3.79	4.10	4.89	4.65	4.98	4.36	4.65
48	3.77	4.23	3.60	4.56	4.52	4.22	4.67	4.10	4.34
49	4.15	3.43	4.18	4.23	4.17	3.99	4.77	4.56	4.22
50	3.50	4.85	3.55	3.67	3.31	3.44	4.75	4.23	4.19
51	4.60	4.43	5.08	4.42	4.68	4.75	4.37	3.67	4.86
52	4.78	4.42	4.57	5.05	4.72	4.73	4.55	4.42	4.55
53	4.28	4.45	4.71	3.82	5.13	4.62	4.04	5.05	4.29
54	4.86	4.70	4.42	3.55	5.02	4.64	4.50	3.82	3.99
55	4.85	4.10	4.08	4.40	4.74	4.01	4.71	3.55	4.12
56	4.97	4.65	4.79	3.58	4.08	4.79	4.30	4.40	3.67
57	4.77	4.34	4.30	4.75	5.20	4.21	4.24	3.58	4.57
58	4.75	4.22	4.37	4.72	5.11	4.78	4.05	4.75	5.00
59	4.63	4.56	4.53	4.38	4.40	4.56	4.51	4.72	5.21
60	4.91	4.71	4.91	3.92	5.15	4.77	5.03	4.38	4.98
61	4.27	5.33	4.27	4.20	5.65	4.21	5.08	3.92	4.87
62	5.02	4.12	5.02	3.94	4.99	4.19	4.57	5.21	4.73
63	4.92	4.67	4.11	4.53	4.64	3.98	4.71	4.69	4.60
64	5.21	5.06	4.55	4.91	4.01	4.66	4.42	4.60	4.62
65	4.64	4.78	5.05	4.27	4.45	4.78	4.08	4.50	5.15
66	5.05	4.65	5.21	5.02	4.38	4.90	4.79	4.31	4.81
67	4.71	4.27	4.69	4.92	5.57	4.17	4.30	4.60	4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดคั่วที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
68	4.65	3.88	4.60	5.21	4.63	4.55	4.37	4.78	4.42
69	4.94	3.69	4.30	4.64	4.83	4.65	4.53	4.28	5.05
70	5.13	4.56	4.17	5.05	4.65	4.62	4.91	4.86	3.82
71	5.18	3.86	4.85	4.71	3.94	4.79	4.27	4.64	3.55
72	5.55	4.50	4.43	4.65	4.52	4.59	4.73	4.56	4.40
73	4.98	4.84	4.42	4.94	4.91	4.24	4.68	4.99	3.58
74	5.10	3.54	4.45	5.13	4.72	4.10	4.39	4.37	4.75
75	4.78	3.87	4.70	5.18	5.31	5.27	4.04	4.51	4.72
76	4.56	4.90	4.10	5.55	4.54	5.01	4.21	5.19	4.38
77	4.77	4.04	4.65	4.98	5.78	3.79	3.88	4.83	3.92
78	4.21	4.52	4.34	5.10	5.13	4.67	4.68	4.63	4.20
79	4.19	4.65	4.24	4.39	5.51	4.44	4.72	4.50	3.94
80	3.98	4.22	4.31	3.80	5.57	4.75	5.13	4.63	4.25
81	4.66	3.99	4.44	4.37	4.71	5.04	5.02	4.91	4.45
82	4.78	3.44	3.98	5.32	5.63	4.26	4.74	4.27	3.60
83	4.13	4.60	4.56	4.86	4.28	4.64	4.08	5.02	4.55
84	3.79	4.30	5.13	4.75	5.01	4.56	5.20	4.92	4.21
85	4.36	4.17	4.77	4.70	4.20	4.99	5.11	5.21	4.34
86	4.87	4.85	4.89	4.32	4.11	5.13	4.40	4.64	4.68
87	4.73	4.43	4.32	5.15	4.55	5.18	5.15	5.05	4.39
88	5.20	4.42	4.55	4.74	5.05	5.55	5.65	4.71	4.04
89	4.29	4.45	3.91	4.32	5.21	4.98	4.99	4.65	4.21
90	4.55	4.70	5.02	4.70	4.78	5.10	4.64	4.94	4.78
91	4.98	4.10	4.56	4.02	4.56	4.78	4.01	5.13	4.65
92	5.10	4.65	4.10	5.33	4.77	4.56	4.79	5.18	4.34
93	4.39	4.34	4.82	5.70	4.21	4.77	4.21	5.55	4.22
94	4.11	4.22	4.93	5.21	4.19	4.21	4.78	4.98	4.19
95	4.70	4.56	4.75	5.80	3.98	4.55	4.94	4.85	4.86
96	4.10	4.71	4.73	4.64	4.66	4.29	5.13	4.43	4.55
97	4.65	5.33	4.60	4.66	4.40	3.99	5.18	4.42	4.29
98	4.34	4.12	5.06	4.78	4.33	4.12	5.55	4.45	3.99
99	4.24	4.67	4.63	4.13	4.13	3.67	4.98	4.70	4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
100	4.31	5.06	4.66	3.67	4.57	4.57	5.10	4.10	3.67
เฉลี่ย	4.46	4.35	4.38	4.52	4.56	4.51	4.64	4.50	4.51

ตาราง ก - 5 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำที่ความชื้น 59.28 % (d.b.)

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
1	3.80	4.45	4.34	4.70	4.50	4.89	4.24	4.43	4.30
2	4.37	4.38	4.42	4.39	4.31	4.50	4.31	4.57	4.42
3	5.32	5.57	5.39	4.55	4.60	4.50	4.44	4.69	4.50
4	4.86	4.63	4.65	4.75	4.78	4.80	3.98	4.03	4.12
5	4.75	4.83	4.78	4.26	4.28	4.30	4.56	4.49	4.50
6	4.70	4.65	4.73	4.96	4.86	4.79	5.13	4.99	5.11
7	4.32	3.94	4.60	4.92	4.85	4.80	4.77	4.87	4.85
8	5.15	4.52	5.06	4.80	4.97	4.67	4.89	5.03	4.96
9	4.74	4.91	4.63	4.75	4.77	4.74	4.32	4.42	4.44
10	4.32	4.72	4.66	4.88	4.75	4.72	4.55	4.66	4.72
11	4.70	5.31	4.54	4.69	4.63	4.74	3.91	3.92	4.03
12	4.02	4.54	4.15	4.88	4.91	4.86	5.02	5.14	5.08
13	5.33	5.78	5.39	4.86	4.96	4.82	4.56	4.87	4.90
14	5.70	5.13	5.22	4.45	4.43	4.48	4.10	4.21	4.17
15	5.21	5.51	5.33	4.85	4.87	4.73	4.82	4.70	4.55
16	5.80	5.57	5.95	4.50	4.37	4.44	4.93	4.95	4.65
17	4.64	4.71	4.76	5.05	5.27	5.16	4.75	4.57	4.62
18	5.40	5.63	5.37	5.12	5.04	5.06	4.80	4.66	4.79
19	6.04	5.29	5.75	4.07	4.22	4.30	4.40	4.30	4.59
20	5.02	4.96	4.74	4.35	4.37	4.35	4.33	4.31	4.24
21	4.92	4.97	5.14	4.94	4.89	5.08	4.13	3.98	4.10
22	5.21	5.31	5.07	5.14	5.07	5.05	5.24	5.02	5.27
23	4.64	5.14	4.62	3.92	3.90	4.05	5.10	4.89	5.01
24	5.05	5.25	5.17	4.16	4.05	4.15	3.77	3.92	3.79
25	4.71	4.59	4.61	4.94	4.88	4.79	4.57	4.65	4.67
26	4.65	4.83	5.04	5.07	5.02	5.12	4.36	4.43	4.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
27	4.94	4.63	4.74	4.85	4.97	4.92	4.79	4.89	4.75
28	5.13	4.50	4.08	4.73	4.74	4.69	4.95	5.07	5.04
29	5.18	5.25	5.20	5.11	4.95	5.09	4.06	4.11	4.26
30	5.55	4.93	5.11	4.80	4.83	4.77	4.56	4.87	4.64
31	4.48	4.64	4.40	4.50	4.47	4.33	4.71	4.73	4.56
32	5.06	5.41	5.15	4.60	4.47	4.53	5.33	5.20	4.99
33	5.54	5.63	5.65	4.85	4.77	4.83	4.12	4.29	4.37
34	4.77	4.79	4.99	4.36	4.31	4.22	4.67	4.55	4.51
35	4.87	5.01	5.25	4.38	4.34	4.30	5.06	4.98	5.19
36	4.72	5.21	4.88	4.20	4.15	4.24	4.78	5.10	4.85
37	4.86	4.68	5.44	4.11	4.13	4.05	4.65	4.39	4.42
38	4.81	4.97	4.80	4.55	4.35	4.51	4.34	4.29	4.58
39	4.86	5.25	4.89	5.05	5.02	5.03	4.22	4.10	4.09
40	5.07	5.57	5.13	5.21	5.14	5.08	4.19	3.87	4.02
41	4.75	5.06	4.77	4.69	4.60	4.57	4.86	4.73	4.65
42	5.04	4.82	4.86	4.60	4.75	4.71	4.55	4.68	4.87
43	4.75	4.74	5.19	4.30	4.54	4.42	4.29	4.39	4.34
44	4.98	5.24	5.12	4.17	4.27	4.08	3.99	4.04	4.11
45	4.75	4.61	4.77	4.85	5.02	4.79	4.12	4.21	4.27
46	4.73	5.40	5.20	4.43	4.34	4.30	3.67	3.88	4.01
47	4.62	5.84	4.90	4.42	4.25	4.37	4.57	4.68	4.54
48	4.64	4.45	4.31	4.45	4.69	4.53	5.00	4.72	4.80
49	4.01	4.28	4.00	4.70	4.78	4.91	5.21	5.13	5.02
50	4.79	5.01	5.45	4.10	4.02	4.27	4.98	5.02	5.13
51	4.21	4.20	4.34	4.75	5.25	5.02	4.87	4.74	5.04
52	4.78	4.56	4.75	4.88	4.59	4.92	4.73	4.08	4.26
53	4.56	4.55	4.72	4.69	4.83	5.21	5.20	5.20	4.64
54	4.77	4.89	4.75	4.88	4.63	4.64	4.29	4.34	4.56
55	4.86	4.75	4.98	4.86	4.79	5.05	4.55	4.40	4.79
56	4.59	4.69	4.75	4.45	4.66	4.71	4.98	5.15	4.86
57	4.51	4.60	4.73	4.85	4.93	4.65	5.10	5.22	4.89
58	4.66	4.30	4.62	4.50	4.64	4.94	4.86	4.99	5.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
59	4.78	4.71	4.89	5.05	5.41	5.13	4.78	4.64	4.83
60	4.13	4.85	4.69	5.12	5.24	5.18	4.55	4.44	4.63
61	3.79	4.43	4.60	4.96	4.79	5.02	5.05	4.79	4.87
62	4.36	4.42	4.30	4.86	5.01	4.98	5.21	4.99	5.25
63	4.12	4.45	4.17	4.82	5.05	5.10	4.69	4.78	4.93
64	4.56	4.70	4.85	4.93	5.21	4.79	4.60	4.56	4.64
65	3.88	4.10	4.43	4.75	4.69	4.55	4.50	4.77	4.87
66	4.56	4.65	4.51	4.80	4.60	4.75	4.31	4.21	4.43
67	4.44	4.34	4.78	4.40	4.30	4.24	4.60	4.19	4.79
68	4.67	4.22	5.08	4.33	4.37	4.57	4.78	4.65	4.79
69	4.21	4.19	4.57	4.13	4.85	4.68	4.28	4.66	4.53
70	4.09	4.86	4.71	4.76	4.43	4.39	4.86	4.28	4.27
71	4.95	4.55	4.42	4.37	4.42	4.04	4.85	5.01	5.02
72	4.75	4.29	4.08	4.38	4.45	4.21	4.97	4.76	4.92
73	5.11	3.99	4.79	4.57	4.70	4.78	4.77	4.92	5.21
74	4.02	4.12	4.30	4.36	4.44	4.65	4.75	4.55	4.64
75	4.84	3.67	4.37	4.79	4.65	4.34	4.63	5.05	5.05
76	4.63	4.57	4.53	4.59	4.34	4.22	4.91	5.04	4.71
77	4.26	4.72	4.91	4.06	4.22	4.19	4.96	4.78	4.82
78	4.29	4.86	4.48	4.56	4.56	4.86	4.43	4.56	4.82
79	4.85	4.81	4.73	4.71	4.78	4.55	4.63	4.77	4.75
80	4.67	4.86	4.44	5.33	5.12	4.99	4.50	4.21	4.60
81	4.44	5.07	5.16	4.12	4.02	3.99	4.35	4.19	4.40
82	4.65	4.75	5.06	4.17	4.00	4.12	4.22	4.48	4.33
83	3.67	4.11	4.30	5.06	5.06	4.78	4.64	4.66	4.13
84	4.34	4.75	4.35	4.73	4.78	4.57	5.41	4.98	5.24
85	4.53	4.98	4.77	4.60	4.65	4.91	4.27	4.13	4.34
86	4.82	4.75	5.05	5.06	4.88	5.21	4.79	4.45	4.22
87	4.91	4.73	4.88	4.63	4.22	4.02	4.26	4.57	4.56
88	4.18	4.22	4.15	4.66	4.22	4.65	4.29	4.72	4.71
89	4.86	4.64	4.70	4.54	4.86	4.87	4.85	4.86	5.01
90	4.76	4.64	4.88	4.15	4.55	4.34	4.67	4.81	4.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
91	4.35	4.56	4.71	4.76	4.29	4.11	4.44	4.86	4.67
92	4.96	4.99	5.15	4.59	4.46	4.27	4.65	5.07	5.06
93	4.77	4.83	4.82	5.33	4.95	4.98	4.32	4.75	4.78
94	4.38	4.51	4.56	4.66	4.57	4.54	4.12	4.33	4.65
95	4.85	5.19	4.97	4.76	4.66	4.37	4.53	4.67	4.34
96	4.75	4.85	4.86	4.58	4.30	4.53	4.89	4.73	4.56
97	4.72	4.42	4.64	4.56	4.31	4.70	5.05	4.98	5.33
98	4.47	4.58	4.60	4.74	4.52	4.48	4.05	4.07	4.12
99	4.15	4.09	4.75	4.63	4.48	4.73	4.55	4.63	4.67
100	4.23	4.02	4.54	4.76	4.73	4.44	4.87	4.66	5.06
เฉลี่ย	4.70	4.77	4.80	4.66	4.64	4.63	4.61	4.62	4.65

ตาราง ก - 6 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้น 6.33 % (d.b.)

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
1	4.15	4.56	4.96	3.53	3.87	4.36	4.06	3.58	3.95
2	5.02	4.23	4.78	4.16	3.98	3.66	4.27	4.24	4.11
3	4.25	4.23	4.88	4.58	4.17	4.52	3.98	4.58	4.36
4	4.16	4.56	3.85	4.75	3.89	4.06	4.66	4.76	3.58
5	4.44	3.66	3.75	4.22	3.98	3.75	4.59	4.76	4.55
6	4.36	4.21	4.51	4.66	4.15	3.98	3.77	4.33	3.77
7	3.98	4.35	4.26	3.95	4.67	4.19	4.61	3.78	4.64
8	3.76	4.06	4.67	5.12	4.37	4.25	4.56	3.56	4.37
9	4.12	3.66	4.37	4.33	4.06	3.57	3.85	4.16	4.29
10	3.95	3.98	3.89	4.76	4.08	3.64	4.33	3.56	4.37
11	4.30	3.84	3.77	4.12	4.25	4.31	3.97	3.89	3.74
12	3.70	3.8	3.84	4.09	4.06	4.93	3.77	3.77	3.94
13	3.72	4.03	3.92	3.95	3.75	5.14	4.15	3.84	3.88
14	3.91	3.89	4.26	3.85	4.09	3.26	4.25	3.92	4.86
15	3.87	3.76	4.67	4.25	3.95	4.25	4.06	4.26	4.65
16	4.34	4.19	4.37	3.76	4.62	4.62	3.98	4.67	4.24
17	4.56	4.34	4.93	4.09	4.33	4.59	4.25	4.37	3.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
18	3.66	5.01	3.68	5.14	5.14	3.85	5.13	4.09	3.98
19	4.21	3.98	3.54	3.26	4.25	3.76	4.06	5.14	4.17
20	4.35	3.74	3.57	4.25	4.31	3.64	4.12	3.26	4.19
21	4.46	4.59	4.24	3.58	4.93	4.09	4.09	4.25	4.36
22	4.71	4.84	4.55	4.24	4.53	4.27	4.18	3.58	4.75
23	4.06	3.95	4.35	4.58	3.95	4.35	3.75	4.24	4.67
24	5.04	4.11	3.68	4.76	3.52	3.94	3.88	4.58	3.86
25	4.37	4.36	4.25	3.95	3.43	5.11	3.85	4.76	3.45
26	4.68	3.58	3.89	4.62	4.06	4.39	4.39	3.95	3.92
27	4.87	4.55	3.75	4.25	4.16	3.98	4.85	3.62	4.26
28	4.25	3.77	4.15	4.67	4.11	3.76	3.57	3.76	4.67
29	4.06	4.64	4.55	4.07	4.53	4.52	4.11	4.12	4.37
30	3.75	4.37	4.22	4.15	4.72	3.94	4.65	3.95	4.06
31	4.09	4.29	3.76	4.70	4.03	3.88	3.72	4.30	3.66
32	3.85	4.24	3.70	4.13	3.80	3.72	3.66	3.70	4.21
33	4.39	3.92	4.15	4.25	4.40	3.76	4.21	3.72	4.35
34	4.85	3.57	4.36	3.50	4.06	4.76	4.35	3.91	3.98
35	3.57	3.95	3.95	3.84	4.22	3.95	4.46	3.87	3.71
36	4.11	3.78	4.62	3.62	4.44	4.62	3.98	4.34	4.03
37	4.04	4.09	4.33	3.96	3.50	4.25	3.57	4.56	3.95
38	3.57	3.89	5.14	3.85	3.84	4.67	4.25	3.66	3.52
39	3.64	4.86	4.25	3.97	3.62	4.07	4.09	4.21	4.29
40	4.31	4.65	4.67	4.36	5.16	4.15	4.18	3.94	4.44
41	4.93	4.24	4.07	4.60	3.95	4.70	3.75	5.11	4.20
42	4.53	3.87	4.15	3.87	4.28	4.13	3.88	4.39	4.93
43	3.71	3.98	4.70	4.06	4.66	4.25	3.99	3.98	5.01
44	4.03	4.17	4.13	4.16	4.04	4.31	4.25	3.76	3.98
45	4.25	3.89	3.75	4.11	4.07	4.24	4.44	4.52	3.74
46	4.67	3.98	4.06	4.53	3.56	3.92	4.28	3.94	4.59
47	4.07	4.15	3.75	3.92	3.95	4.30	4.36	3.88	4.84
48	4.15	4.67	4.09	3.87	4.07	4.31	3.66	3.72	3.95
49	4.70	3.57	3.85	4.38	4.16	4.24	4.52	3.76	4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
50	4.13	4.11	4.39	3.98	4.26	3.92	3.87	4.76	4.36
51	3.75	4.65	4.85	4.35	3.59	4.30	5.11	3.64	3.58
52	4.06	3.72	4.74	4.06	4.85	4.02	4.08	4.31	4.55
53	3.75	4.09	4.71	3.66	4.76	4.33	4.34	4.93	3.77
54	4.09	5.14	4.91	3.98	4.33	3.77	3.67	4.53	4.64
55	3.85	3.26	4.25	3.84	3.78	4.61	3.78	3.71	4.37
56	4.39	4.25	3.56	3.8	3.56	4.56	3.58	4.03	4.29
57	4.85	3.58	3.44	4.03	4.16	3.85	4.15	3.80	4.25
58	3.57	4.24	3.71	3.89	3.56	4.33	4.26	4.40	4.67
59	4.11	4.58	3.94	3.76	4.24	3.97	4.67	3.85	4.07
60	3.77	4.76	4.17	4.19	3.92	3.77	4.37	4.25	4.15
61	3.84	3.95	4.26	4.34	4.30	3.72	4.06	3.76	4.70
62	3.92	4.62	3.35	5.01	4.02	4.09	4.08	4.09	4.13
63	4.26	4.12	3.62	4.58	4.73	5.14	4.54	5.14	4.25
64	4.67	4.09	4.19	4.32	4.39	3.26	4.06	3.26	4.31
65	4.37	3.95	4.63	3.66	4.85	4.25	4.12	4.25	4.24
66	4.93	3.85	4.42	4.25	3.57	3.58	4.09	4.27	3.92
67	4.53	4.25	3.59	4.67	4.11	4.24	4.18	4.09	4.30
68	3.71	3.76	3.96	4.15	4.65	4.58	4.07	4.38	4.31
69	4.03	4.09	4.58	4.06	3.72	4.76	4.15	4.29	4.24
70	4.22	5.14	4.76	4.22	4.09	3.95	4.70	4.73	4.45
71	4.53	3.26	3.95	4.53	5.14	4.62	4.13	3.98	4.04
72	3.87	4.25	4.62	3.87	3.26	4.12	3.75	3.57	4.11
73	5.11	3.58	4.33	5.11	4.25	4.09	4.40	3.60	4.73
74	4.08	4.24	5.14	4.08	3.58	3.95	3.85	4.12	4.16
75	4.34	4.58	4.25	4.34	4.24	3.85	4.25	3.85	4.11
76	3.67	4.76	4.67	3.67	4.58	4.25	3.76	4.54	4.07
77	3.78	3.95	4.07	3.78	4.25	3.75	4.09	4.22	4.00
78	3.58	4.62	4.15	3.58	4.53	4.06	5.14	3.87	4.56
79	4.15	4.25	4.70	4.15	3.71	3.75	3.26	3.91	3.92
80	4.26	4.67	4.13	4.26	4.03	4.09	4.25	4.52	3.57
81	4.67	4.07	3.75	4.67	4.22	3.85	4.26	4.06	3.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
82	4.37	3.75	4.06	4.37	4.53	4.39	4.67	3.75	3.78
83	4.06	4.06	3.75	4.06	3.87	4.85	4.37	3.98	4.09
84	4.08	3.75	4.09	4.08	5.11	3.57	4.06	4.19	3.89
85	4.54	4.09	3.85	4.24	4.08	4.11	4.08	4.06	4.86
86	4.06	3.85	4.39	3.92	4.34	4.65	4.25	4.22	4.65
87	4.12	4.39	4.85	4.30	3.67	3.72	4.06	4.44	4.24
88	4.09	4.85	3.57	4.02	3.78	3.77	3.75	3.50	3.87
89	4.18	3.57	4.11	4.33	3.58	3.98	4.09	3.84	3.98
90	4.30	4.11	4.65	3.77	4.15	3.85	3.85	3.62	4.17
91	4.02	4.65	4.24	4.61	4.26	4.33	4.39	4.09	3.89
92	4.33	3.72	3.92	4.56	4.67	5.14	3.75	4.06	4.58
93	3.78	3.77	4.30	3.85	4.37	4.25	4.40	4.37	4.76
94	3.56	3.98	4.02	4.33	4.06	4.67	3.85	4.26	3.95
95	4.16	4.26	4.73	3.97	3.58	3.98	4.25	4.67	4.62
96	3.56	4.57	4.27	3.77	3.75	3.85	3.76	4.37	4.00
97	3.89	4.68	3.98	4.15	3.67	4.21	4.09	4.16	4.09
98	3.77	4.33	4.66	4.25	4.06	4.24	5.14	4.03	3.87
99	3.84	3.67	4.59	3.25	4.11	3.95	3.26	3.85	3.67
100	3.92	3.75	3.85	3.79	4.25	4.15	4.25	4.39	4.09
เฉลี่ย	4.16	4.148	4.213	4.158	4.148	4.16	4.147	4.112	4.192

ตาราง ก - 7 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้น 10.78 % (d.b.)

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
1	4.26	4.06	3.71	3.68	4.09	3.64	3.77	4.04	4.09
2	3.58	3.75	4.29	3.76	3.95	4.31	4.61	3.57	3.85
3	4.19	4.09	4.34	4.65	3.85	4.93	4.56	3.64	4.39
4	4.09	3.85	4.44	4.37	4.25	4.53	3.85	4.31	4.85
5	3.89	4.39	4.04	3.56	3.76	3.71	4.33	4.93	3.57
6	4.86	4.85	3.57	3.73	4.09	4.03	3.97	4.53	4.11
7	4.65	3.57	3.64	4.09	5.14	3.80	3.77	3.71	4.65
8	4.24	4.11	4.31	3.85	3.26	4.40	4.30	4.03	3.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
9	3.87	4.65	4.93	4.39	4.25	3.85	3.70	3.80	3.77
10	3.98	3.72	4.53	4.85	3.58	4.25	3.72	4.40	4.61
11	4.17	3.77	3.71	3.57	4.24	3.76	4.26	4.06	4.56
12	4.19	4.61	4.03	4.11	4.58	4.33	4.21	4.22	3.85
13	4.36	4.56	3.80	4.65	4.25	5.12	3.57	4.44	4.33
14	4.75	3.85	4.40	3.72	4.23	3.85	3.64	3.50	3.97
15	4.67	4.33	3.85	4.35	4.23	4.33	4.31	3.84	4.11
16	3.86	3.97	4.25	3.94	4.37	3.97	4.93	3.62	4.24
17	3.45	3.77	3.76	5.11	3.67	3.77	4.53	4.38	4.78
18	3.66	3.84	4.09	4.39	4.31	3.84	3.71	3.98	5.16
19	3.98	3.92	5.14	3.98	4.24	3.92	4.03	3.85	3.95
20	3.84	4.26	3.26	3.76	3.92	4.26	3.80	4.33	4.28
21	3.8	4.67	4.25	4.52	4.30	4.67	4.19	3.97	4.66
22	4.03	4.37	4.62	4.61	4.02	4.37	3.98	3.77	3.95
23	3.89	4.06	4.59	4.09	4.04	4.06	5.07	3.26	3.85
24	3.76	4.08	3.85	3.93	3.57	3.98	4.07	4.25	4.25
25	4.19	4.54	3.76	4.00	3.95	3.76	4.57	3.58	3.76
26	4.34	4.06	3.64	4.09	3.78	4.52	3.65	4.24	4.09
27	5.01	4.12	4.09	3.87	4.09	4.61	3.85	4.58	5.14
28	4.58	4.09	4.27	3.67	3.89	4.09	4.56	4.76	3.26
29	4.32	3.95	4.35	4.09	4.86	3.93	4.23	3.95	4.25
30	3.66	3.85	3.94	4.78	4.65	4.00	4.23	4.62	3.58
31	3.97	4.25	5.11	4.86	4.24	4.09	4.56	4.00	4.24
32	4.29	3.76	4.39	5.12	3.87	3.87	3.66	4.09	4.58
33	4.52	4.09	3.98	3.85	3.98	3.67	4.21	3.87	4.25
34	3.98	5.14	3.76	4.25	4.17	4.09	4.35	3.67	4.23
35	3.74	3.26	4.52	4.30	4.19	4.78	4.06	4.09	4.52
36	4.59	4.25	4.61	4.02	4.36	4.86	3.66	4.18	4.61
37	4.84	3.58	4.67	4.73	4.75	5.12	3.98	3.75	4.67
38	3.95	4.24	4.07	3.99	4.67	3.92	3.84	3.88	4.07
39	4.11	4.58	4.15	4.11	3.86	4.26	3.8	3.99	4.15
40	4.36	4.76	4.70	4.24	3.45	4.67	4.03	4.25	4.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
41	3.58	3.95	4.13	4.78	3.92	4.37	3.89	4.44	4.13
42	4.55	4.62	4.25	5.16	4.26	4.06	3.76	4.28	4.25
43	3.77	4.25	4.31	3.95	4.67	4.08	4.19	4.36	4.31
44	4.64	4.67	4.24	4.28	4.37	4.25	4.34	3.66	4.24
45	4.37	4.07	3.92	3.75	4.06	4.06	5.01	4.11	3.92
46	4.29	4.15	4.30	4.09	4.08	3.75	4.58	4.24	3.57
47	4.37	4.70	4.02	3.85	4.54	4.09	4.32	4.78	3.95
48	3.74	4.13	4.73	4.39	4.06	3.85	3.66	5.16	3.78
49	3.94	4.25	4.66	4.85	3.56	4.39	4.25	4.35	4.09
50	3.88	4.31	4.04	3.57	3.95	4.85	4.67	4.06	3.89
51	3.72	4.24	4.07	4.11	4.07	3.57	4.07	4.22	4.86
52	3.76	3.92	3.56	4.65	4.16	4.11	4.15	4.44	4.65
53	4.52	4.30	3.95	3.72	4.26	4.27	4.70	3.50	4.24
54	4.61	4.02	4.07	4.09	3.59	3.98	4.13	3.84	3.87
55	4.73	4.73	4.16	5.14	4.85	4.66	4.25	3.62	3.98
56	4.11	4.27	4.26	3.26	4.76	4.59	4.31	4.09	4.17
57	4.64	3.98	3.59	4.25	4.33	3.85	4.24	4.06	3.89
58	4.32	4.66	4.85	3.58	3.78	4.57	3.92	4.37	3.98
59	4.69	4.59	4.76	4.24	3.56	4.35	4.30	4.26	4.15
60	3.75	3.85	4.33	4.58	3.77	4.12	4.02	4.67	4.67
61	5.04	4.57	3.78	4.76	4.64	4.13	4.73	4.37	4.37
62	3.88	4.35	3.56	3.95	4.37	4.06	4.39	4.16	4.06
63	4.67	4.12	4.16	4.62	4.29	4.59	4.85	4.67	4.08
64	4.81	4.13	3.56	4.33	4.37	3.89	3.57	4.07	4.25
65	4.74	4.06	3.89	5.14	3.74	3.98	4.11	4.15	4.06
66	4.71	4.59	3.77	4.25	3.94	4.15	4.65	4.70	3.75
67	4.91	3.89	3.84	4.67	3.88	4.67	3.72	4.13	4.09
68	4.25	3.98	3.92	4.07	3.72	4.37	4.09	4.25	3.95
69	3.56	4.15	4.26	4.15	3.76	4.06	5.14	4.31	4.62
70	3.44	4.06	4.67	4.70	4.76	4.08	3.26	4.24	4.33
71	3.71	4.22	4.37	4.13	3.95	4.25	4.25	3.92	5.14
72	3.94	4.53	4.06	3.75	4.62	4.06	3.58	4.30	4.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
73	4.17	3.87	4.08	4.06	4.25	3.75	4.24	4.02	4.67
74	4.26	5.11	4.25	3.75	4.67	4.09	4.58	4.73	4.07
75	3.35	4.08	4.06	4.09	4.07	3.85	4.25	4.27	4.15
76	3.62	4.34	3.75	3.85	4.15	4.39	4.67	3.98	4.70
77	4.19	3.67	4.09	4.39	4.70	4.85	4.07	4.66	4.13
78	4.63	3.78	3.85	4.85	4.13	3.57	4.15	4.59	3.75
79	4.42	3.58	4.39	3.57	4.25	4.11	4.70	3.85	4.40
80	3.59	4.15	4.85	4.11	4.31	4.16	4.13	3.53	3.85
81	3.96	4.26	3.57	4.65	4.24	4.26	4.25	4.16	4.25
82	4.18	4.67	4.11	3.72	3.92	3.59	4.31	4.58	3.76
83	4.26	4.37	4.04	3.77	4.30	4.85	4.24	4.75	4.09
84	4.38	4.06	3.57	3.98	4.02	4.76	3.92	4.22	5.14
85	3.22	4.08	3.64	3.85	4.33	4.33	4.30	4.66	3.26
86	3.54	4.54	4.31	4.33	3.78	3.78	4.02	3.95	4.25
87	3.81	4.06	4.93	5.14	3.56	3.56	4.33	5.12	3.58
88	3.51	4.12	4.53	4.25	4.16	4.16	3.77	4.33	4.24
89	4.22	4.09	3.71	4.67	3.56	3.56	4.61	4.76	4.58
90	4.61	4.18	4.03	4.07	3.89	3.89	4.56	3.76	4.76
91	3.97	3.75	3.80	4.15	3.77	4.23	3.85	3.58	3.95
92	3.58	3.88	4.40	4.70	3.84	4.33	4.33	4.09	3.62
93	4.14	3.85	3.85	4.13	3.92	5.12	3.97	4.58	4.19
94	4.02	4.39	4.25	4.25	4.26	4.96	3.77	4.36	4.63
95	4.82	4.85	3.76	4.31	4.67	4.39	4.15	4.15	4.42
96	4.09	3.57	4.33	4.24	4.37	4.85	4.25	3.95	3.59
97	3.76	4.11	5.12	3.92	4.93	3.57	4.06	3.76	3.96
98	4.11	4.65	4.96	4.54	4.53	4.11	3.98	4.79	4.18
99	3.87	3.72	4.78	4.06	3.71	4.65	4.25	4.62	4.26
100	3.95	3.77	4.88	4.12	4.03	3.72	5.13	4.28	4.38
<b>เฉลี่ย</b>	<b>4.143</b>	<b>4.175</b>	<b>4.173</b>	<b>4.22</b>	<b>4.139</b>	<b>4.195</b>	<b>4.181</b>	<b>4.178</b>	<b>4.2</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก - 8 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้น 18.12 % (d.b.)

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
1	4.13	4.66	4.12	3.99	4.53	4.09	3.75	4.34	4.25
2	3.52	4.83	4.14	4.29	4.72	3.76	4.09	4.44	4.67
3	3.69	3.85	3.66	4.34	4.25	4.16	3.85	3.50	4.72
4	3.85	4.33	4.21	4.44	4.15	4.29	4.39	4.14	4.25
5	4.16	5.14	4.35	3.50	4.70	4.34	4.85	3.98	4.15
6	4.06	4.25	4.46	4.40	4.13	4.44	3.57	3.85	4.70
7	4.05	4.67	4.71	4.04	4.25	3.50	4.11	3.91	4.13
8	4.18	4.07	4.06	4.11	4.31	4.14	4.65	3.87	4.25
9	4.24	4.06	4.23	4.13	4.24	3.98	3.72	4.34	4.31
10	4.26	4.11	4.23	4.54	3.92	3.85	3.77	4.56	4.24
11	3.58	3.95	4.37	4.16	3.98	3.91	4.61	3.66	3.92
12	3.76	4.30	3.67	4.14	3.85	3.87	4.11	4.21	4.30
13	4.07	3.70	4.31	3.98	4.33	4.34	3.95	4.35	4.02
14	4.69	3.72	4.24	4.00	5.14	4.56	4.30	4.46	4.04
15	3.83	4.26	3.92	3.62	4.25	3.66	3.70	3.98	3.57
16	3.80	4.21	4.30	4.09	4.67	4.21	3.72	3.57	3.64
17	4.63	3.57	4.02	4.06	4.07	4.35	4.26	4.25	3.85
18	4.08	3.64	4.04	4.37	4.06	4.46	4.21	4.09	4.33
19	3.88	4.31	3.57	4.26	4.11	3.75	3.57	4.18	5.14
20	4.68	4.93	3.95	4.67	3.95	3.98	3.64	3.75	4.25
21	4.27	4.53	3.78	4.37	4.30	4.19	4.31	3.88	4.67
22	4.28	3.71	4.07	4.06	3.70	4.25	4.93	3.99	4.07
23	4.44	4.03	4.22	3.43	3.72	4.67	4.53	4.25	4.06
24	4.27	3.80	4.19	4.06	3.91	3.59	3.71	4.44	4.11
25	4.11	4.40	3.98	4.24	3.87	3.86	3.92	4.28	3.95
26	4.15	4.36	5.07	4.35	4.34	4.40	4.30	4.36	4.30
27	3.75	4.64	4.07	3.86	4.09	3.98	4.02	3.66	3.70
28	4.16	3.90	4.57	4.13	3.76	4.31	4.04	4.52	3.72
29	4.29	4.30	3.65	4.29	4.16	4.93	3.57	4.06	4.26
30	4.34	4.18	3.85	3.76	4.29	4.53	3.95	3.75	4.21
31	4.44	4.30	4.56	3.57	4.34	3.71	3.78	3.98	3.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
32	3.50	4.17	4.23	4.23	4.44	4.03	4.07	4.19	3.64
33	4.14	3.59	4.23	4.21	3.50	3.80	4.22	4.25	4.31
34	3.98	4.53	4.56	3.98	4.14	4.40	4.19	3.57	4.93
35	3.85	3.93	3.98	4.27	3.98	4.36	3.98	3.64	3.91
36	4.33	3.91	3.56	3.64	3.85	4.64	5.07	4.31	3.76
37	3.97	4.21	5.14	4.31	3.91	3.90	4.51	4.93	4.16
38	3.77	4.19	4.25	4.93	3.76	4.21	4.02	4.53	4.29
39	3.84	4.51	4.67	4.53	4.16	3.56	3.89	3.95	4.34
40	3.92	4.02	3.82	3.95	4.29	5.14	4.51	3.52	4.44
41	4.26	3.89	3.43	3.52	4.34	4.25	4.16	3.43	3.50
42	4.67	4.51	4.06	3.43	4.44	4.67	4.03	4.06	4.40
43	4.37	4.16	4.24	4.06	3.50	4.07	4.57	3.98	4.04
44	4.06	4.03	4.35	4.16	4.40	4.06	3.97	4.00	4.11
45	4.08	4.57	3.86	4.11	4.04	4.11	4.00	3.62	4.13
46	4.54	3.97	4.13	4.53	4.11	3.95	4.25	4.09	4.54
47	4.06	4.00	4.29	4.72	4.13	4.30	4.23	4.06	4.16
48	4.12	4.25	3.76	4.03	4.54	3.70	4.23	4.37	4.14
49	3.95	4.23	3.57	3.80	4.16	3.72	3.98	4.26	3.98
50	4.30	4.23	4.23	4.40	4.14	3.91	3.57	4.67	3.84
51	3.70	3.98	4.21	4.06	3.98	3.87	4.25	4.37	3.92
52	3.72	3.57	3.98	4.22	3.84	4.34	4.23	4.06	4.60
53	3.91	4.25	4.27	4.44	3.92	4.56	4.23	3.43	3.87
54	3.87	4.09	4.07	3.50	4.66	3.66	4.37	4.06	4.06
55	4.34	4.18	4.06	3.84	4.82	4.21	3.67	4.24	4.16
56	4.56	3.75	4.22	3.62	3.70	4.35	4.31	4.35	4.11
57	3.66	3.88	4.38	3.96	4.26	4.06	4.24	3.86	4.53
58	4.21	3.99	3.98	3.85	4.21	4.22	3.92	4.13	3.92
59	4.35	4.25	3.85	3.97	3.57	4.44	4.30	4.29	3.87
60	4.46	4.44	4.21	4.36	3.64	3.50	4.02	3.76	4.38
61	4.71	4.28	4.24	4.60	4.31	3.84	4.04	3.57	3.98
62	4.06	4.36	3.95	3.87	4.93	3.62	3.57	4.23	3.85
63	5.04	3.66	4.15	4.06	4.53	4.09	3.95	4.04	4.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
64	4.37	4.11	4.06	4.16	3.71	4.06	3.78	3.57	3.97
65	4.68	4.24	4.27	4.11	4.29	4.37	4.07	3.95	3.77
66	4.87	4.78	3.98	4.53	4.34	4.26	4.22	3.78	3.26
67	4.31	5.16	4.66	3.92	4.44	4.67	4.19	4.07	4.25
68	4.00	3.95	4.59	3.87	4.04	4.37	3.98	4.22	3.58
69	4.14	4.28	3.85	4.38	3.57	4.16	3.50	4.19	4.24
70	4.36	4.66	4.57	3.98	3.64	4.03	4.14	3.98	4.58
71	3.95	4.04	4.35	3.85	4.31	4.16	3.98	5.07	4.76
72	3.85	4.07	4.12	4.33	4.93	4.14	3.85	4.07	3.95
73	4.25	3.56	4.13	3.97	4.53	3.98	4.33	4.57	4.62
74	3.76	3.95	4.06	3.77	3.71	3.85	3.97	3.65	4.00
75	4.09	4.07	4.59	3.84	4.03	4.33	3.77	3.85	4.09
76	5.14	4.16	3.89	3.92	3.80	5.14	3.84	4.56	3.87
77	3.26	4.26	3.55	4.26	4.40	4.25	3.92	4.23	3.67
78	4.25	3.59	3.88	4.67	3.85	4.67	4.26	4.23	4.25
79	3.58	4.85	3.75	4.37	4.25	4.07	4.67	4.56	3.58
80	4.24	4.76	4.06	4.06	3.76	4.15	4.37	3.66	4.24
81	4.58	4.33	3.75	4.08	4.09	4.70	4.06	4.21	4.58
82	4.76	3.78	4.09	4.54	5.14	4.13	4.08	4.35	4.76
83	3.95	3.56	3.85	4.06	3.26	4.25	4.25	4.06	3.95
84	4.62	4.16	4.39	4.12	4.25	4.31	4.06	4.22	4.62
85	4.59	3.56	4.85	4.09	3.58	4.24	3.75	4.44	4.59
86	3.85	3.89	3.57	4.18	4.24	3.92	4.09	3.50	3.85
87	3.76	4.23	4.11	3.75	4.58	4.30	3.85	3.84	3.76
88	3.64	4.33	4.65	3.88	4.76	4.02	4.39	3.62	3.64
89	4.09	5.12	3.72	3.99	3.95	4.73	4.85	4.09	4.09
90	4.27	4.96	3.77	4.25	4.62	3.99	3.57	4.06	4.27
91	4.35	4.78	4.61	4.44	4.00	4.11	4.11	4.37	4.35
92	3.94	4.88	4.56	4.28	4.09	4.24	4.65	4.26	3.75
93	5.11	3.68	3.58	4.36	3.87	4.78	3.72	4.67	4.09
94	4.39	3.76	4.09	3.66	3.67	5.16	3.77	4.37	3.85
95	3.98	4.65	4.52	4.11	4.09	3.95	4.61	4.16	4.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
96	3.76	4.37	4.36	4.24	4.78	4.28	4.56	3.86	4.85
97	4.52	3.56	3.98	4.78	4.86	4.66	3.58	3.54	3.57
98	4.61	3.73	4.09	3.85	5.12	4.04	4.15	4.25	4.11
99	4.09	3.77	5.18	3.75	3.85	4.07	4.24	4.62	4.65
100	3.93	4.06	3.98	4.16	4.25	3.56	4.68	4.05	3.72
เฉลี่ย	4.158	4.179	4.146	4.11	4.169	4.177	4.103	4.092	4.137

ตาราง ก - 9 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกที่ความชื้น 25.72 % (d.b.)

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
1	3.65	4.20	4.07	3.85	3.96	4.37	4.03	4.06	3.94
2	4.23	4.47	4.25	3.71	4.30	4.51	3.95	4.16	3.79
3	4.23	4.81	4.48	4.52	4.18	3.96	3.52	4.11	4.39
4	4.56	4.49	4.44	4.06	4.30	4.30	4.29	4.53	4.75
5	3.98	4.42	4.25	3.75	4.17	4.18	4.44	4.72	4.46
6	3.56	4.57	3.83	3.98	3.59	4.30	4.20	4.25	4.58
7	5.14	4.33	3.88	4.19	4.53	4.17	4.93	4.15	4.57
8	4.25	4.45	4.57	4.25	3.93	3.59	4.47	4.70	4.30
9	4.67	4.17	3.65	4.67	3.91	4.53	4.85	4.13	4.56
10	4.07	3.97	3.96	3.59	4.21	3.92	4.42	4.25	4.21
11	4.06	4.90	4.00	3.86	4.19	4.66	4.46	4.31	4.13
12	4.11	4.20	4.07	4.40	4.51	4.82	4.06	4.24	4.81
13	3.95	4.07	4.42	4.35	4.02	3.70	3.95	4.07	4.21
14	3.64	4.32	4.36	4.32	3.95	4.26	3.79	4.00	3.85
15	4.29	4.04	4.64	4.17	4.08	4.21	4.16	4.56	4.37
16	4.38	4.32	3.90	3.59	4.41	5.19	4.06	4.37	3.85
17	4.22	4.59	3.53	4.53	4.25	3.89	4.08	4.51	3.71
18	4.04	4.13	4.26	3.92	4.67	3.65	3.94	3.96	4.07
19	3.57	3.78	4.37	4.66	4.16	3.98	3.82	4.30	4.12
20	3.64	4.22	4.18	4.82	4.24	3.99	3.43	3.70	4.53
21	4.31	3.89	4.06	3.70	4.44	3.85	4.06	3.72	4.37
22	4.40	4.80	3.62	4.26	3.58	3.79	3.88	4.06	4.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
23	4.15	4.54	3.96	4.21	3.46	4.05	4.57	4.08	4.48
24	4.78	4.71	4.37	5.19	4.61	4.28	3.65	4.54	4.44
25	3.83	4.12	4.26	3.65	4.27	4.62	3.96	4.22	4.53
26	3.80	4.21	3.82	4.19	4.54	4.19	4.00	3.87	3.93
27	4.35	4.35	4.20	4.25	4.22	4.36	4.07	3.91	3.91
28	4.61	4.10	4.47	4.67	3.87	3.99	4.42	4.52	4.21
29	4.27	4.22	4.81	3.59	3.91	3.82	4.36	3.59	4.19
30	3.92	4.34	4.49	3.86	4.52	3.61	4.64	3.86	4.51
31	3.67	4.18	4.42	4.40	4.06	4.09	3.90	4.40	4.02
32	3.78	3.81	4.57	4.35	3.75	4.22	3.53	4.35	3.95
33	4.00	3.74	4.33	4.32	3.98	4.34	4.26	4.32	4.08
34	4.22	4.14	4.45	4.25	4.54	4.19	4.37	4.17	4.41
35	4.25	4.58	4.17	4.67	4.07	4.73	4.18	3.59	4.25
36	3.98	4.06	4.63	4.16	4.25	4.16	4.06	4.53	3.59
37	3.72	4.01	4.08	4.24	4.48	4.11	3.62	3.92	4.53
38	4.25	4.07	3.88	4.44	4.44	4.07	4.06	4.66	3.92
39	4.68	3.80	4.68	3.58	4.25	4.00	4.11	4.82	4.66
40	4.19	3.98	4.27	3.46	3.83	4.56	3.95	3.70	4.82
41	4.69	3.65	4.28	4.61	3.88	4.37	3.64	4.26	3.70
42	3.71	3.96	4.44	4.27	4.57	4.51	4.29	4.21	4.26
43	3.64	4.00	4.27	3.92	4.65	3.96	4.38	3.83	4.21
44	4.37	3.95	4.11	4.61	4.54	4.30	4.22	3.88	5.19
45	4.51	3.73	4.15	4.27	4.53	3.70	4.04	4.57	3.65
46	3.96	4.31	3.75	3.92	4.78	3.72	3.57	3.65	4.21
47	4.30	4.05	4.75	3.67	4.68	4.06	3.64	3.96	5.19
48	4.18	3.96	4.01	3.78	4.38	4.08	4.31	4.00	3.89
49	4.30	3.85	4.82	4.00	4.06	4.54	4.40	4.07	3.65
50	4.17	3.97	3.99	4.22	3.70	4.22	4.15	4.42	3.98
51	3.59	4.36	3.85	4.06	4.26	3.87	4.78	4.36	3.99
52	4.13	4.60	3.79	4.11	4.21	3.91	3.83	4.64	3.85
53	4.32	3.87	4.05	3.92	5.19	4.52	3.80	3.90	3.79
54	3.88	4.06	4.28	3.89	3.65	4.34	4.63	3.53	4.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
55	3.64	4.16	4.62	4.51	4.23	4.56	4.08	4.26	4.28
56	4.42	4.11	4.19	4.16	4.23	3.66	3.88	4.37	4.62
57	3.99	4.53	4.36	4.03	4.56	4.21	4.68	3.80	4.19
58	4.17	3.92	3.99	4.16	3.98	4.35	4.27	3.98	4.36
59	4.86	3.87	3.82	4.14	3.56	3.98	4.28	3.65	3.88
60	5.21	4.38	3.61	3.98	5.14	3.71	4.44	3.96	4.68
61	3.89	4.29	4.09	3.85	4.25	4.03	4.27	4.00	4.27
62	4.06	4.09	4.22	4.33	4.67	3.95	4.11	3.95	4.28
63	4.11	5.16	3.79	3.97	4.72	3.52	4.15	3.73	4.44
64	3.92	3.85	3.91	3.77	4.25	4.29	3.75	4.31	4.27
65	3.89	4.54	4.25	3.84	4.15	4.44	3.80	4.05	4.11
66	4.51	4.22	4.38	4.38	4.70	4.20	3.98	3.96	4.15
67	4.16	3.87	4.47	4.47	4.13	4.93	3.65	3.85	3.75
68	4.03	3.91	4.09	4.09	4.25	4.47	3.96	3.97	4.75
69	4.57	4.52	3.76	3.76	4.31	4.85	4.00	4.36	4.01
70	3.97	4.06	4.16	4.16	4.24	4.42	3.95	4.60	4.82
71	4.00	3.75	4.29	4.29	3.92	4.46	3.73	3.87	3.99
72	4.25	3.98	4.34	4.34	4.30	4.06	4.31	4.22	3.85
73	4.23	4.19	4.44	4.44	4.02	3.95	4.05	3.79	3.79
74	4.23	4.25	3.50	3.50	4.04	3.79	3.96	3.91	3.98
75	4.56	3.57	4.14	4.40	3.57	4.16	3.85	4.25	3.85
76	3.98	3.64	3.98	4.04	3.64	4.06	4.06	4.38	4.33
77	3.56	4.31	3.85	4.11	4.31	4.08	4.11	4.47	3.97
78	5.14	4.93	4.33	4.13	4.93	3.94	3.92	4.09	3.77
79	4.25	4.53	3.97	4.54	4.53	3.82	3.89	3.76	3.84
80	4.67	3.95	3.77	4.16	3.71	3.43	4.51	4.16	4.38
81	4.07	3.52	3.84	4.14	4.03	4.06	4.16	4.29	4.47
82	4.06	3.43	3.92	3.98	3.80	4.24	4.03	4.34	4.09
83	4.11	4.06	4.66	4.00	4.40	4.35	4.16	4.44	3.76
84	3.95	4.16	4.82	3.97	4.06	3.86	4.14	3.50	4.16
85	4.30	4.11	3.70	4.08	4.22	4.13	3.98	4.14	4.29
86	3.70	4.53	4.26	3.74	4.44	4.29	3.85	3.98	4.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
87	3.72	4.72	4.21	3.99	3.50	3.76	4.33	3.85	4.44
88	3.91	4.25	3.57	3.70	3.84	3.57	5.14	3.91	4.04
89	3.87	4.15	3.64	3.91	3.62	4.23	4.25	3.87	3.57
90	4.34	4.70	4.31	4.52	4.09	4.21	4.67	4.34	3.64
91	4.56	4.13	4.93	4.06	4.06	3.98	4.07	4.56	4.31
92	3.66	4.25	4.53	3.75	4.37	4.27	4.06	3.66	4.93
93	4.21	4.31	3.71	3.98	4.26	4.09	4.11	4.21	4.53
94	4.35	4.24	4.03	4.19	4.67	4.38	3.95	4.35	3.71
95	4.46	3.92	3.80	4.25	4.37	4.29	4.30	4.46	4.03
96	4.71	4.30	4.40	4.67	4.06	4.73	3.70	4.71	3.80
97	4.06	4.02	4.36	3.59	4.08	3.98	3.72	4.06	4.40
98	4.23	4.73	4.64	3.86	4.54	3.57	3.91	4.23	4.06
99	4.23	3.99	3.90	4.40	4.03	3.60	3.87	4.23	4.22
100	4.37	4.37	4.21	3.98	4.15	4.12	4.34	4.37	4.44
เฉลี่ย	4.163	4.19	4.17	4.122	4.21	4.143	4.106	4.144	4.201

ตาราง ก - 10 ข้อมูลการวัดขนาดเมล็ดศรภักไทยค่าลอกเปลือกที่ความชื้น 33.19 % (d.b.)

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
1	3.94	3.99	4.07	4.87	4.63	4.72	3.83	3.94	4.35
2	4.30	4.37	4.25	3.99	4.08	4.25	3.88	4.30	3.94
3	4.29	4.42	4.48	4.00	3.88	4.15	4.57	4.29	3.79
4	4.47	4.37	4.44	4.56	4.68	4.70	4.65	4.47	4.39
5	4.35	4.26	4.25	4.04	4.27	4.13	4.54	4.35	4.75
6	3.94	3.82	3.83	4.32	4.28	4.25	4.53	3.94	4.46
7	3.79	4.20	3.88	4.59	4.44	4.31	4.78	3.79	4.58
8	4.39	4.47	4.57	4.13	4.27	4.24	4.68	4.39	4.57
9	4.75	4.81	4.65	3.78	4.11	3.92	4.38	4.75	4.30
10	4.46	4.49	4.54	4.22	4.15	4.30	4.54	4.46	4.56
11	4.58	4.42	4.53	3.89	3.75	4.02	4.53	4.58	4.21
12	4.57	4.57	4.78	4.80	4.75	4.73	4.78	4.57	4.13
13	4.30	4.33	4.68	4.54	4.01	4.32	4.72	4.30	4.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
14	4.56	4.45	4.38	4.71	4.82	4.73	4.25	4.56	4.21
15	4.21	4.17	4.06	4.12	4.23	4.36	4.15	4.21	3.85
16	4.13	3.97	4.14	4.21	4.53	4.58	4.70	4.13	4.70
17	4.81	4.90	4.92	4.35	4.54	4.45	4.13	4.81	4.13
18	4.21	4.20	4.12	4.10	4.08	4.04	4.25	4.21	4.25
19	3.85	4.07	3.98	4.20	4.13	4.11	4.31	3.85	4.31
20	4.29	4.32	4.36	4.44	4.46	4.73	4.49	4.13	4.24
21	4.67	4.65	4.74	4.55	4.71	4.16	4.42	4.46	3.92
22	4.32	4.27	4.41	4.12	4.06	4.11	4.57	4.71	4.30
23	4.25	4.17	4.31	4.19	4.23	4.07	4.33	4.06	4.02
24	4.22	4.08	4.30	4.07	4.23	4.00	4.45	4.23	4.73
25	4.34	4.48	4.23	4.26	4.42	4.56	4.17	4.23	4.32
26	4.18	4.21	4.20	4.12	4.27	4.37	4.44	4.42	4.73
27	3.81	3.97	3.91	4.41	4.38	4.51	4.27	4.27	4.36
28	3.74	3.90	3.95	3.90	4.01	3.96	4.11	4.38	4.58
29	4.14	4.19	4.13	4.32	4.52	4.30	4.15	4.01	4.45
30	4.58	4.45	4.66	4.14	4.31	4.18	3.75	4.52	4.04
31	4.06	4.00	4.25	4.38	4.28	4.30	4.75	4.07	4.13
32	4.01	3.97	4.08	4.33	4.12	4.17	4.01	4.25	4.46
33	4.07	4.08	4.22	3.83	3.73	3.59	4.82	4.48	4.71
34	3.80	3.74	3.69	4.40	4.36	4.53	4.23	4.44	4.06
35	3.98	3.99	3.92	4.04	4.16	3.93	4.53	4.25	4.23
36	3.65	3.70	3.77	4.11	4.18	3.91	4.54	3.83	4.23
37	3.96	4.07	3.97	4.13	4.17	4.21	4.08	3.88	4.42
38	4.00	4.09	3.98	4.54	4.24	4.19	4.45	4.17	4.27
39	4.07	4.18	4.12	4.16	4.63	4.51	4.04	3.59	4.38
40	4.42	4.46	4.40	4.14	4.07	4.02	4.11	4.53	4.01
41	4.36	4.26	4.15	3.98	4.04	3.95	4.73	3.93	4.52
42	4.64	4.26	4.78	3.85	3.89	3.73	4.16	3.91	4.31
43	3.90	3.80	3.83	4.33	4.47	4.31	4.11	4.21	4.28
44	3.53	3.72	3.80	3.97	3.70	4.05	4.07	4.19	4.12
45	4.26	4.58	4.35	3.77	3.72	3.96	4.00	4.51	3.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
46	4.37	4.48	4.61	3.84	3.91	3.85	4.56	4.02	4.36
47	4.18	4.15	4.27	3.92	3.87	3.97	4.37	3.74	4.15
48	4.06	3.89	3.92	4.66	4.34	4.36	4.51	3.99	4.78
49	3.62	3.65	3.67	4.82	4.56	4.60	3.96	3.70	3.83
50	3.96	3.98	3.78	3.70	3.66	3.87	4.30	4.07	3.80
51	4.08	3.99	4.00	4.26	4.21	3.83	3.70	4.09	4.35
52	4.11	3.85	4.22	4.21	4.35	4.40	3.72	4.18	4.61
53	4.21	3.79	4.25	5.19	3.98	4.04	3.91	4.46	4.27
54	4.35	4.05	3.98	3.65	3.71	4.11	3.87	4.26	3.92
55	3.98	4.28	3.72	4.23	4.03	4.13	4.34	4.26	3.67
56	3.71	4.62	4.25	4.23	3.80	4.54	4.56	3.80	3.78
57	4.03	4.19	4.68	4.56	4.40	4.16	3.66	3.72	4.00
58	3.80	4.36	4.19	3.98	4.06	4.14	4.21	4.82	4.22
59	4.40	3.99	4.69	3.56	4.22	3.98	4.35	3.70	4.25
60	4.06	3.82	3.71	5.14	4.14	4.00	3.98	4.26	4.14
61	4.22	3.61	3.64	4.25	4.25	3.97	3.71	4.21	4.25
62	4.56	4.09	4.18	4.67	3.98	4.08	4.03	5.19	3.98
63	4.61	4.22	4.37	4.07	3.72	3.74	3.95	3.65	3.72
64	3.98	4.34	4.26	4.06	4.25	3.99	3.64	4.23	4.25
65	3.76	4.19	4.67	4.11	4.68	3.70	4.29	4.23	4.68
66	4.08	4.58	4.37	3.95	4.19	4.07	4.38	4.56	4.19
67	4.41	3.53	4.18	3.64	4.69	4.09	4.22	3.98	4.69
68	4.25	3.65	4.27	4.29	3.71	4.18	4.04	3.56	3.71
69	4.67	4.15	4.58	4.38	3.64	4.46	3.57	4.69	3.64
70	4.13	4.26	4.62	4.22	4.56	4.68	3.64	3.71	4.56
71	3.75	4.16	3.75	4.04	4.37	4.19	4.31	3.64	4.37
72	4.35	4.23	3.51	3.57	4.51	4.69	4.93	4.56	4.51
73	4.19	3.56	3.40	3.64	3.96	3.71	4.53	4.37	4.38
74	4.27	3.79	4.82	4.31	4.30	3.64	3.71	4.51	4.47
75	4.06	3.91	4.06	4.93	4.18	4.18	4.03	3.96	4.09
76	4.11	4.25	4.08	4.53	4.30	4.37	3.80	4.30	3.76
77	3.92	4.38	4.54	3.95	4.17	4.26	4.40	4.18	4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดที่	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3		
	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง	กว้าง	ยาว	สูง
78	3.89	4.47	4.22	3.52	3.59	4.67	4.06	4.30	4.29
79	4.51	4.09	3.87	3.43	4.53	4.37	4.22	4.17	4.34
80	4.16	3.76	3.91	4.06	3.92	4.06	4.56	3.59	4.44
81	4.03	4.16	4.52	4.16	4.66	4.08	4.61	4.13	3.50
82	4.57	4.29	4.06	4.11	4.82	4.54	3.98	4.54	3.84
83	3.97	4.34	3.75	4.53	3.70	4.22	3.76	4.16	3.62
84	4.00	4.44	3.98	3.92	4.26	3.87	4.08	4.14	4.09
85	4.25	3.50	4.19	3.87	4.21	3.91	4.41	3.98	4.06
86	4.31	3.84	4.25	4.38	5.19	4.52	4.25	4.00	4.37
87	4.19	3.62	4.67	4.29	3.65	4.06	4.67	3.97	4.26
88	4.37	4.09	3.59	4.09	4.23	3.75	4.16	4.08	4.67
89	3.85	4.06	3.86	5.16	4.31	3.98	4.24	3.74	4.37
90	3.71	4.38	4.40	3.85	4.19	4.54	4.44	3.99	4.06
91	4.07	4.87	4.35	4.16	4.37	4.08	3.58	4.54	4.08
92	4.12	4.62	4.32	4.24	3.85	4.13	3.46	4.08	4.54
93	4.53	4.18	3.88	4.44	3.71	4.46	4.61	4.13	4.22
94	4.37	4.38	3.64	3.58	4.07	4.71	4.27	4.46	3.87
95	4.61	3.67	4.42	3.46	4.12	4.06	3.92	4.71	3.91
96	4.05	4.19	3.99	4.61	4.53	4.23	3.67	4.06	4.52
97	4.19	3.52	4.17	4.27	4.37	4.23	3.78	4.23	4.06
98	4.58	4.64	4.86	3.92	4.61	4.37	4.12	4.23	3.75
99	3.92	4.44	5.21	3.67	4.48	3.85	4.53	4.37	3.98
100	4.09	4.41	3.89	3.78	4.44	3.71	4.37	3.85	4.54
เฉลี่ย	4.177	4.158	4.203	4.18	4.215	4.19	4.229	4.196	4.228

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองหา

- ความชื้นสัมพัทธ์
- ขนาด
- น้ำหนักเฉลี่ย
- ความหนาแน่นรวม
- ความหนาแน่นเนื้อ
- สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน
- มุมกองวัสดุ
- การหดตัว
- ความร้อนจำเพาะ
- อัตราการอบแห้งแบบชั้นบาง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตาราง ข - 1

สารละลายเกลืออิมิตัว

Salt	Temperature(°C)				Reference
	20	30	40	50	
Lithium chloride (LiCl)	11.4	11.2	11.2	11.1	Young (1967)
Magnesium chloride (MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O)	33.0	32.4	31.8	31.2	Wexler and Hasegawa (1954)
Sodium dichromate (Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> · 2H <sub>2</sub> O)	55.2	52.5	49.8	46.3	Wexler and Hasegawa (1954)
Sodium chloride (NaCl)	75.5	75.6	75.4	74.5	Wexler and Hasegawa (1954)
Potassium nitrate (KNO <sub>3</sub> )	93.2	90.7	87.9	85.0	Wexler and Hasegawa (1954)
Potassium sulphate (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	97.2	96.6	96.2	95.8	Wexler and Hasegawa (1954)

## ตาราง ข - 2

ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสมดุลของเม็ดคพริกไทยดำแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 30°C

สารละลายเกลือ อิมิตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสมดุล (%db)
LiCl	11.2	1.8286	3.24
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	32.4	2.9313	5.22
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	2.2721	10.44
NaCl	75.6	2.0456	8.65
KNO <sub>3</sub>	90.7	3.3074	14.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 3

ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ของเม็ลต์พริกไทยดำแบบคายความชื้นที่อุณหภูมิ 30°C

สารละลายเกลือ อิมิตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%db)
LiCl	11.2	2.9651	3.73
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	32.4	2.0245	6.42
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	3.2122	12.32
NaCl	75.6	3.0051	9.63
KNO <sub>3</sub>	90.7	2.3895	15.43

ตาราง ข - 4

ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ของเม็ลต์พริกไทยดำแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 40°C

สารละลายเกลือ อิมิตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%db)
LiCl	11.2	2.9350	2.52
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	32.4	2.8801	4.78
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	3.2142	7.26
NaCl	75.6	3.1605	6.08
KNO <sub>3</sub>	90.7	3.1747	11.79

ตาราง ข - 5

ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสัมพัทธ์ของเม็ลต์พริกไทยดำแบบคายความชื้นที่อุณหภูมิ 40°C

สารละลายเกลือ อิมิตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%db)
LiCl	11.2	1.7702	2.91
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	32.4	1.8536	6.19
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	1.9661	8.44
NaCl	75.6	1.8652	7.97
KNO <sub>3</sub>	90.7	2.2809	12.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 6

ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสมดุลของเมล็ดพริกไทยดำแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 50°C

สารละลายเกลือ อิ่มตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสมดุล (%db)
LiCl	11.2	2.8893	1.95
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	32.4	3.0306	4.41
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	3.1901	7.66
NaCl	75.6	3.1527	5.60
KNO <sub>3</sub>	90.7	3.1984	11.4

ตาราง ข - 7

ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสมดุลของเมล็ดพริกไทยดำแบบคายความชื้นที่อุณหภูมิ 50°C

สารละลายเกลือ อิ่มตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสมดุล (%db)
LiCl	11.2	1.6972	2.41
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	32.4	1.8342	4.67
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	1.8523	8.41
NaCl	75.6	1.8241	6.68
KNO <sub>3</sub>	90.7	2.1224	11.73

ตาราง ข - 8

ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสมดุลของเมล็ดพริกไทยดำแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 60°C

สารละลายเกลือ อิ่มตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสมดุล (%db)
LiCl	11.2	3.4018	2.79
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	32.4	3.3807	3.81
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	3.4049	5.34
NaCl	75.6	3.3932	5.51
KNO <sub>3</sub>	90.7	3.3911	9.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตาราง ข - 9

ข้อมูลการทดลองหาความชื้นสมดุลของเมล็ดพริกไทยดำแบบคายความชื้นที่อุณหภูมิ 60°C

สารละลายเกลือ อิ่มตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสมดุล (%db)
LiCl	11.2	2.1339	3.18
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	32.4	2.0727	4.94
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	2.2681	7.47
NaCl	75.6	2.1734	7.37
KNO <sub>3</sub>	90.7	2.1276	10.34

## ตาราง ข - 10

ข้อมูลการทดลองความชื้นสมดุลของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 30°C

สารละลายเกลือ อิ่มตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสมดุล (%db)
LiCl	11.2	2.9732	2.13
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	32.4	3.0742	4.21
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	3.1527	6.71
NaCl	75.6	3.1428	5.29
KNO <sub>3</sub>	90.7	3.2636	10.14

## ตาราง ข - 11

ข้อมูลการทดลองความชื้นสมดุลของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือกแบบคายความชื้นที่อุณหภูมิ 30°C

สารละลายเกลือ อิ่มตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสมดุล (%db)
LiCl	11.2	1.9585	2.56
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	32.4	2.0216	5.93
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	2.1228	9.28
NaCl	75.6	2.0913	8.71
KNO <sub>3</sub>	90.7	2.5119	10.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 12

ข้อมูลการทดลองความชื้นสัมพัทธ์ของเม็ลต์พริกไทยดำลอกเปลือกแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 40°C

สารละลายเกลือ อิมิตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%db)
LiCl	11.2	2.9445	2.87
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	32.4	3.0549	4.08
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	3.1384	6.26
NaCl	75.6	3.1281	5.05
KNO <sub>3</sub>	90.7	3.2610	8.83

ตาราง ข - 13

ข้อมูลการทดลองความชื้นสัมพัทธ์ของเม็ลต์พริกไทยดำลอกเปลือกแบบคายความชื้นที่อุณหภูมิ 40°C

สารละลายเกลือ อิมิตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%db)
LiCl	11.2	1.9283	3.08
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	32.4	2.0305	5.47
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	2.0911	7.45
NaCl	75.6	2.0783	5.82
KNO <sub>3</sub>	90.7	2.2930	9.02

ตาราง ข - 14

ข้อมูลการทดลองความชื้นสัมพัทธ์ของเม็ลต์พริกไทยดำลอกเปลือกแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 50°C

สารละลายเกลือ อิมิตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%db)
LiCl	11.2	2.9244	1.75
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	32.4	3.0326	3.65
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	3.1343	5.93
NaCl	75.6	3.1285	5.05
KNO <sub>3</sub>	90.7	3.2509	8.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 15

ข้อมูลการทดลองความชื้นสัมพัทธ์ของเม็ดคพริกไทยดำลอกเปลือกแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 50°C

สารละลายเกลือ อิ่มตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%db)
LiCl	11.2	1.9146	2.04
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	32.4	2.0044	4.50
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	2.0447	6.48
NaCl	75.6	1.9824	6.35
KNO <sub>3</sub>	90.7	2.1576	8.41

ตาราง ข - 16

ข้อมูลการทดลองความชื้นสัมพัทธ์ของเม็ดคพริกไทยดำลอกเปลือกแบบดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 60°C

สารละลายเกลือ อิ่มตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%db)
LiCl	11.2	3.3392	2.32
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	32.4	3.3703	3.76
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	3.4233	5.42
NaCl	75.6	3.4714	4.69
KNO <sub>3</sub>	90.7	3.4277	8.13

ตาราง ข - 17

ข้อมูลการทดลองความชื้นสัมพัทธ์ของเม็ดคพริกไทยดำลอกเปลือกแบบคายความชื้นที่อุณหภูมิ

60°C

สารละลายเกลือ อิ่มตัว	Water Activity (%RH)	น้ำหนักแห้งสุทธิ (g)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%db)
LiCl	11.2	2.4068	2.30
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	32.4	2.4060	4.30
Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	52.5	2.3013	6.18
NaCl	75.6	2.3518	5.41
KNO <sub>3</sub>	90.7	2.3231	8.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 18 แบบจำลองความชื้นสมดุลย์ไอโซเทอมรูปแบบต่าง ๆ

แบบจำลอง	รูปแบบสมการ
Henderson(Henderson, 1952)	$1.0-RH = \exp(-aTM^b)$
Chung-Pfost(Chung&Pfost, 1967)	$RH = \exp(-a/T)\exp(-bM)$
Modified Henderson(Thompson, 1972)	$1.0-RH = \exp(-a(t + b))M^c$
Modified Halsey(Iglesias&Chirife, 1976)	$RH = \exp(-\exp(a + bT))M^c$
Modified BET, 1996	$M = a/(1 - bRH)$
GAB(Van den Berg, 1984)	$M = a b c RH/(1-RH)(1 - cRH + bcRH)$

ตาราง ข - 19 ผลวิเคราะห์ทางสถิติแบบจำลองต่าง ๆ ของเมล็ดพริกไทยดำแบบดูดความชื้น

แบบจำลอง	a	b	c	R <sup>2</sup>	SE
Henderson, 1952	0.000247	1.268992	-	0.71635	0.025855
Chung & Pfost, 1967	434.3335	-0.10320	-	0.53768	0.031300
Modified Henderson, 1972	0.001095	-0.36438	1.556026	0.79021	0.046808
Modified Halsey, 1976	6.760980	-0.015205	-0.232589	0.79033	0.000765
Modified BET, 1996	3.626843	0.722293	-	0.55789	0.197778
GAB, 1984	7.219146	10.07811	0.413538	0.62221	0.041241

ตาราง ข - 20 ผลวิเคราะห์ทางสถิติแบบจำลองต่าง ๆ ของเมล็ดพริกไทยดำแบบคายความชื้น

แบบจำลอง	a	b	c	R <sup>2</sup>	SE
Henderson, 1952	0.000221	1.271774	-	0.69860	0.083986
Chung & Pfost, 1967	325.2586	-0.04095	-	0.43771	0.017322
Modified Henderson, 1972	0.000426	-0.27138	2.003557	0.75056	0.085697
Modified Halsey, 1976	6.412092	-0.013062	-0.274278	0.77376	0.017696
Modified BET, 1996	2.687069	0.94697	-	0.67268	1.307429
GAB, 1984	2.687075	0.858278	0.94697	0.67268	1.345347

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 21 ผลวิเคราะห์ทางสถิติแบบจำลองต่าง ๆ ของเมล็ดพริกไทยดำออกเปลือกแบบดูคความชื้น

แบบจำลอง	a	b	c	R <sup>2</sup>	SE
Henderson, 1952	0.000188	1.618351	-	0.80254	0.014554
Chung & Pfof, 1967	559.4475	-0.20608	-	0.72999	0.033425
Modified Henderson, 1972	0.000420	50.28432	1.860465	0.81133	0.005294
Modified Halsey, 1976	1.992577	-0.002049	-0.846067	0.81608	0.015103
Modified BET, 1996	2.82044	0.71114	-	0.75578	0.094207
GAB, 1984	4.500152	14.13331	0.498317	0.82289	0.024547

ตาราง ข - 22 ผลวิเคราะห์ทางสถิติแบบจำลองต่าง ๆ ของเมล็ดพริกไทยดำออกเปลือกแบบคายความชื้น

แบบจำลอง	a	b	c	R <sup>2</sup>	SE
Henderson, 1952	0.000151	1.563227	-	0.69339	0.066442
Chung & Pfof, 1967	340.4963	-0.05912	-	0.41266	0.024154
Modified Henderson, 1972	0.000751	-0.52320	1.770355	0.76207	0.050556
Modified Halsey, 1976	7.937542	-0.018266	-0.211846	0.77285	0.010447
Modified BET, 1996	3.058439	0.83306	-	0.55137	0.310955
GAB, 1984	3.257787	63.1840	0.814894	0.55295	0.359365

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 23 ผลการทดลองหาน้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำ

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	น้ำหนักเฉลี่ย (g)
	1	4.19
9.22	2	4.20
	3	4.55
18.31	1	5.08
	2	4.78
	3	5.55
28.88	1	5.05
	2	5.03
	3	5.55
43.16	1	5.80
	2	5.35
	3	5.55
59.28	1	6.56
	2	6.20
	3	6.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 24 ผลการทดลองหาน้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	น้ำหนักเฉลี่ย (g)
	1	3.92
6.33	2	3.91
	3	4.07
	1	3.76
10.78	2	4.29
	3	4.27
	1	4.03
18.12	2	4.41
	3	4.29
	1	5.15
25.72	2	4.81
	3	4.86
	1	5.22
33.19	2	4.75
	3	5.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 25 ผลการทดลองหาความหนาแน่นรวมของเมล็ดพริกไทยดำ

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	น้ำหนักสุทธิ (g)	ปริมาตรกระป๋อง (cm <sup>3</sup> )	ความหนาแน่นรวม (g/cm <sup>3</sup> )
9.22	1	46.55	59.86	0.56
	2	47.08	59.86	0.57
	3	45.43	59.86	0.54
18.31	1	48.20	59.86	0.59
	2	49.16	59.86	0.60
	3	47.81	59.86	0.58
28.88	1	47.10	59.86	0.57
	2	45.07	59.86	0.53
	3	48.33	59.86	0.59
43.16	1	47.23	59.86	0.57
	2	44.55	59.86	0.53
	3	45.49	59.86	0.54
59.28	1	47.01	59.86	0.57
	2	49.64	59.86	0.61
	3	48.27	59.86	0.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 26 ผลการทดลองหาความหนาแน่นรวมของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	น้ำหนักสุทธิ (g)	ปริมาตรกระป๋อง (cm <sup>3</sup> )	ความหนาแน่นรวม (g/cm <sup>3</sup> )
6.33	1	51.97	59.86	0.65
	2	52.76	59.86	0.66
	3	52.25	59.86	0.65
10.78	1	50.94	59.86	0.63
	2	49.53	59.86	0.62
	3	50.31	59.86	0.62
18.12	1	55.35	59.86	0.71
	2	52.85	59.86	0.66
	3	53.95	59.86	0.68
25.72	1	56.02	59.86	0.72
	2	54.31	59.86	0.69
	3	55.51	59.86	0.71
33.19	1	52.58	59.86	0.66
	2	53.16	59.86	0.67
	3	55.67	59.86	0.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 27 ผลการทดลองหาความหนาแน่นเนื้อของเมล็ดพริกไทยดำ

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	มวล pycno + haxane (g)	มวล พริกไทย 50 เมล็ด (g)	มวล pycno + haxane + พริกไทย (g)	มวล haxane ที่หาย (g)	ปริมาตร พริกไทย (cm <sup>3</sup> )	ความ หนาแน่นเนื้อ (g/cm <sup>3</sup> )
9.22	1	60.97	2.29	61.79	0.82	1.48	1.55
	2	60.93	1.85	61.58	0.65	1.17	1.58
	3	60.96	2.05	61.62	0.66	1.19	1.72
18.31	1	60.92	2.31	61.94	1.02	1.84	1.26
	2	60.96	2.27	61.78	0.82	1.48	1.53
	3	60.99	2.33	61.87	0.88	1.59	1.47
28.88	1	60.83	2.23	61.94	1.02	1.84	1.26
	2	60.79	2.41	61.78	0.82	1.48	1.53
	3	60.88	2.45	61.87	0.88	1.59	1.47
43.16	1	60.83	2.23	61.62	0.79	1.43	1.56
	2	60.79	2.41	61.71	0.92	1.66	1.45
	3	60.88	2.45	61.77	0.89	1.61	1.52
59.28	1	60.95	3.56	62.51	1.56	2.82	1.26
	2	61.01	3.05	62.29	1.28	2.31	1.32
	3	61.08	3.15	62.41	1.33	2.40	1.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 28 ผลการทดลองหาความหนาแน่นเนื้อของเมล็ดพริกไทยดำออกเปลือก

ความชื้น (%)	ครั้งที่	มวล pycno + haxane (g)	มวล พริกไทย 50 เมล็ด (g)	มวล pycno + haxane + พริกไทย (g)	มวล haxane ที่หาย (g)	ปริมาตร พริกไทย (cm <sup>3</sup> )	ความหนาแน่นเนื้อ (g/cm <sup>3</sup> )
6.33	1	60.98	2.21	61.94	0.96	1.74	1.27
	2	61.05	1.97	61.92	0.87	1.57	1.25
	3	61.07	2.12	62.00	0.93	1.68	1.26
10.78	1	61.18	2.36	62.18	1.00	1.81	1.31
	2	61.25	2.41	62.31	1.06	1.92	1.26
	3	61.28	2.42	62.32	1.04	1.88	1.29
18.12	1	60.97	2.64	62.19	1.22	2.21	1.20
	2	61.04	2.67	62.25	1.21	2.19	1.22
	3	61.07	2.44	62.20	1.13	2.04	1.19
25.72	1	61.05	2.46	62.18	1.13	2.04	1.20
	2	61.10	2.54	62.21	1.11	2.01	1.27
	3	61.11	2.47	62.21	1.10	1.99	1.24
33.19	1	60.87	2.52	62.02	1.15	2.08	1.21
	2	60.92	2.55	62.05	1.13	2.04	1.25
	3	60.85	2.97	62.25	1.40	2.53	1.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 29 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของเมล็ดพริกไทยดำ

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	ไม้	μ	เหล็ก	μ	ยาง	μ	อะคริลิก	μ
9.22	1	54.0	1.38	32.0	0.62	43.0	0.93	29.0	0.55
	2	57.0	1.54	31.0	0.60	41.0	0.87	26.0	0.49
	3	57.0	1.54	32.0	0.62	42.0	0.90	27.0	0.51
18.31	1	52.0	1.28	32.0	0.62	42.0	0.90	29.0	0.55
	2	54.0	1.38	33.0	0.65	40.0	0.84	31.0	0.60
	3	53.0	1.33	31.0	0.60	43.0	0.93	31.0	0.60
28.88	1	58.0	1.60	32.0	0.62	40.0	0.84	32.0	0.62
	2	57.0	1.54	31.0	0.60	41.0	0.87	30.0	0.58
	3	58.0	1.60	32.0	0.62	42.0	0.90	30.0	0.58
43.16	1	52.0	1.28	31.0	0.60	37.0	0.75	32.0	0.62
	2	53.0	1.33	30.0	0.58	39.0	0.81	31.0	0.60
	3	52.0	1.28	30.0	0.58	39.0	0.81	30.0	0.58
59.28	1	51.0	1.23	31.0	0.60	39.0	0.81	31.0	0.60
	2	50.0	1.19	31.0	0.60	41.0	0.87	32.0	0.62
	3	50.0	1.19	32.0	0.62	44.0	0.97	29.0	0.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 30 ผลการทดลองหาสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	ไม้	μ	เหล็ก	μ	ยาง	μ	อะคริลิก	μ
6.33	1	49.0	1.15	27.0	0.51	38.0	0.78	28.0	0.53
	2	48.0	1.11	27.0	0.51	37.0	0.75	30.0	0.58
	3	48.0	1.11	27.0	0.51	40.0	0.84	30.0	0.58
10.78	1	53.0	1.33	33.0	0.65	43.0	0.93	37.0	0.75
	2	54.0	1.38	33.0	0.65	40.0	0.84	36.0	0.73
	3	52.0	1.28	31.0	0.60	42.0	0.90	35.0	0.70
18.12	1	53.0	1.33	36.0	0.73	44.0	0.97	37.0	0.75
	2	54.0	1.38	36.0	0.73	45.0	1.00	37.0	0.75
	3	53.0	1.33	35.0	0.70	45.0	1.00	36.0	0.73
25.72	1	51.0	1.24	31.0	0.60	43.0	0.93	33.0	0.65
	2	51.0	1.24	29.0	0.55	44.0	0.97	34.0	0.67
	3	53.0	1.33	29.0	0.55	42.0	0.90	33.0	0.65
33.19	1	57.0	1.54	33.0	0.65	46.0	1.04	34.0	0.67
	2	53.0	1.33	33.0	0.65	48.0	1.11	36.0	0.73
	3	52.0	1.28	31.0	0.60	44.0	0.97	36.0	0.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 31 ผลการทดลองหามุมกองเชิงสถิติของเมทัลลิกไทยดำ

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	ความสูง (cm)	มุมกองเชิงสถิติ (องศา)
9.22	1	2.05	23.33
	2	2.25	25.34
	3	2.60	28.68
18.31	1	2.30	25.83
	2	2.20	24.84
	3	2.00	22.82
28.88	1	2.55	28.22
	2	2.40	26.80
	3	2.60	28.68
43.16	1	2.90	31.39
	2	2.85	30.95
	3	3.10	33.12
59.28	1	2.60	28.68
	2	2.80	30.51
	3	3.25	34.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 32 ผลการทดลองหามุมกองเชิงสถิติของเม็ล็คพริกไทยดำลอกเปลือก

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	ความสูง (cm)	มุมกองเชิงสถิติ (องศา)
6.33	1	2.00	22.82
	2	2.25	25.34
	3	1.80	20.75
10.78	1	2.45	27.27
	2	2.50	27.75
	3	2.10	23.84
18.12	1	2.45	27.27
	2	2.50	27.75
	3	2.50	27.75
25.72	1	2.50	27.75
	2	2.60	28.68
	3	2.45	27.27
33.19	1	3.10	33.12
	2	3.00	32.26
	3	2.80	30.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 33 ผลการทดลองหามุมกองเชิงพลวัตของเมทัลลิกไทยดำ

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	มุมกองเชิงพลวัต (องศา)
9.22	1	21.00
	2	24.00
	3	22.00
18.31	1	21.00
	2	19.00
	3	18.00
28.88	1	29.00
	2	28.00
	3	29.00
43.16	1	23.00
	2	22.00
	3	24.00
59.28	1	29.00
	2	32.00
	3	28.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 34 ผลการทดลองหามุมกองเชิงพลวัตของเมทัลลิกไทยคำลอกเปลือก

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	มุมกองเชิงพลวัต (องศา)
	1	19.00
6.33	2	19.00
	3	18.00
	1	23.00
10.78	2	25.00
	3	25.00
	1	23.00
18.12	2	24.00
	3	23.00
	1	24.00
25.72	2	26.00
	3	25.00
	1	28.00
33.19	2	31.00
	3	36.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 35 ผลการทดลองหาการหดตัวของเมล็ดพริกไทยดำ

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	ปริมาตร (cm <sup>3</sup> )	การหดตัว (%)
9.22	1	178.57	
	2	170.06	4.77
	3	163.62	3.61
	4	163.46	0.09
18.31	1	175.44	
	2	142.15	18.98
	3	142.02	0.07
	4	139.56	1.40
28.88	1	175.44	
	2	175.36	0.05
	3	148.88	14.58
	4	149.79	0.51
43.16	1	175.44	
	2	157.53	10.21
	3	128.20	16.72
	4	125.84	1.35
59.28	1	175.44	
	2	139.34	20.58
	3	121.71	10.05
	4	105.71	9.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 36 ผลการทดลองหาการหดตัวของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	ปริมาตร (cm <sup>3</sup> )	การหดตัว (%)
6.33	1	153.85	
	2	144.21	6.15
	3	144.40	0.12
	4	141.89	1.63
10.78	1	158.73	
	2	144.47	8.98
	3	143.52	0.60
	4	142.16	0.86
18.12	1	140.85	
	2	133.97	4.88
	3	121.84	8.61
	4	112.94	6.32
25.72	1	138.89	
	2	135.68	2.31
	3	121.30	10.35
	4	110.08	8.08
33.19	1	151.52	
	2	101.24	33.18
	3	94.32	4.57
	4	92.66	1.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 37 ผลการทดลองหาความร้อนจำเพาะของเมล็ดพริกไทยดำ

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	น้ำหนัก พริกไทย (g)	น้ำหนัก น้ำ (g)	อุณหภูมิ พริกไทย (°C)	อุณหภูมิ น้ำ (°C)	อุณหภูมิ ผสม (°C)	ความร้อน จำเพาะ (kJ/kg°C)
9.22	1	10	30	28	32	45	1.97
	2	10	30	28	32	46	2.01
	3	10	30	28	32	47	2.04
18.31	1	10	30	28	32	48	2.07
	2	10	30	28	32	47	2.04
	3	10	30	28	32	48	2.07
28.88	1	10	30	29	32	40	1.72
	2	10	30	29	32	41	1.79
	3	10	30	29	31	38.50	1.60
43.16	1	10	30	28	32	47	2.04
	2	10	30	28	31	48	2.07
	3	10	30	28	32	50	2.11
59.28	1	10	30	28	32	40	1.72
	2	10	30	28	32	41	1.79
	3	10	30	28	31	38.50	1.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 38 ผลการทดลองหาความร้อนจำเพาะของเมล็ดพริกไทยดำเปลือก

ความชื้น (%db)	ครั้งที่	น้ำหนัก พริกไทย (g)	น้ำหนัก น้ำ (g)	อุณหภูมิ พริกไทย (°C)	อุณหภูมิ น้ำ (°C)	อุณหภูมิ ผสม (°C)	ความร้อน จำเพาะ (kJ/kg °C)
6.33	1	10	30	26	29	52	2.15
	2	10	30	26	29	51	2.13
	3	10	30	26	29	52	2.15
10.78	1	10	30	26	29	42	1.84
	2	10	30	27	29	46	2.01
	3	10	30	27	29	48	2.07
18.12	1	10	30	26	29	49.50	2.10
	2	10	30	26	29	48	2.07
	3	10	30	26	29	48	2.07
25.72	1	10	30	27	29	48	2.07
	2	10	30	27	29	46	2.01
	3	10	30	26	29	48.50	2.08
33.19	1	10	30	26	29	49	2.09
	2	10	30	26	29	48.50	2.08
	3	10	30	27	29	47	2.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตาราง ข - 39 ผลการทดสอบการหาอัตราครอบงำของเมล็ดพริกไทยดำ**

t(min)	w <sub>1</sub>	mc <sub>1</sub>	mr <sub>1</sub>	w <sub>2</sub>	mc <sub>2</sub>	mc <sub>2</sub>	w <sub>3</sub>	mc <sub>3</sub>	mr <sub>3</sub>
0	111.67	37.60	1.00	114.67	40.94	1.00	109.67	41.67	1.00
15	105.33	33.85	0.90	105.67	35.91	0.87	101.33	36.87	0.88
30	100.67	30.78	0.81	99.33	31.82	0.77	96.00	33.37	0.78
45	96.67	27.92	0.73	94.67	28.46	0.68	91.00	29.70	0.69
60	93.67	25.61	0.66	91.67	26.12	0.63	87.00	26.47	0.61
75	91.67	23.99	0.62	89.67	24.47	0.58	84.33	24.15	0.55
90	90.00	22.58	0.58	86.67	21.86	0.52	81.67	21.67	0.48
105	88.33	21.12	0.54	84.33	19.70	0.46	80.33	20.37	0.45
120	86.67	19.60	0.50	82.67	18.08	0.42	78.33	18.34	0.40
135	85.33	18.34	0.46	80.67	16.05	0.37	77.00	16.92	0.36
150	84.33	17.38	0.43	79.67	14.99	0.34	75.67	15.46	0.32
165	83.67	16.72	0.42	79.00	14.28	0.33	74.33	13.94	0.28
180	82.67	15.71	0.39	77.67	12.80	0.29	72.67	11.97	0.23
195	82.00	15.02	0.37	76.67	11.67	0.26	71.67	10.74	0.20
210	80.33	13.26	0.32	76.00	10.89	0.24	70.67	9.48	0.17
225	79.33	12.17	0.29	74.33	8.89	0.19	69.67	8.18	0.13
240	79.00	11.80	0.28	74.00	8.48	0.18	69.33	7.74	0.12
255	78.00	10.67	0.25	72.67	6.80	0.14	68.67	6.84	0.10
270	77.67	10.28	0.24	72.33	6.37	0.13	68.00	5.93	0.07
285	76.33	8.72	0.19	71.33	5.06	0.09	67.33	5.00	0.05
300	75.33	7.50	0.16	71.00	4.62	0.08	67.00	4.52	0.04
315	75.00	7.09	0.15	70.33	3.71	0.06	66.00	3.08	0.00
330	74.67	6.68	0.13	69.67	2.79	0.04	66.00	3.08	0.00
345	73.67	5.41	0.10	69.00	1.85	0.01	66.00	3.08	0.00
360	72.67	4.11	0.06	68.67	1.38	0.00	66.00	3.08	0.00
375	72.00	3.22	0.04	68.67	1.38	0.00	-	-	-
390	71.33	2.32	0.01	68.67	1.38	0.00	-	-	-
405	71.00	1.86	0.00	-	-	-	-	-	-
420	71.00	1.86	0.00	-	-	-	-	-	-
435	71.00	1.86	0.00	-	-	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข - 40 ผลการทดลองการหาอัตราการอบแห้งของเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก

t(min)	w <sub>1</sub>	mc <sub>1</sub>	mr <sub>1</sub>	w <sub>2</sub>	mc <sub>2</sub>	mc <sub>2</sub>	w <sub>3</sub>	mc <sub>3</sub>	mr <sub>3</sub>
0	106.00	28.13	1.00	103.33	30.62	1.00	106.00	32.76	1.00
15	99.33	23.31	0.81	95.00	24.53	0.78	95.67	25.50	0.74
30	95.33	20.09	0.68	91.67	21.79	0.68	90.33	21.10	0.58
45	92.33	17.49	0.57	88.33	18.84	0.58	87.33	18.39	0.48
60	90.33	15.67	0.50	86.00	16.64	0.50	84.67	15.82	0.39
75	89.33	14.72	0.46	84.00	14.65	0.43	82.67	13.78	0.32
90	87.67	13.10	0.40	81.67	12.21	0.34	81.00	12.01	0.25
105	86.67	12.10	0.36	80.67	11.12	0.30	79.67	10.53	0.20
120	86.00	11.42	0.33	79.33	9.63	0.25	78.67	9.40	0.16
135	85.00	10.37	0.29	78.00	8.09	0.19	78.00	8.62	0.13
150	84.00	9.31	0.25	77.33	7.29	0.17	77.33	7.83	0.10
165	83.00	8.21	0.20	77.00	6.89	0.15	76.33	6.63	0.06
180	82.00	7.09	0.16	76.33	6.08	0.12	75.67	5.80	0.03
195	81.00	5.95	0.11	75.00	4.41	0.06	75.00	4.97	0.00
210	80.33	5.17	0.08	74.67	3.98	0.05	75.00	4.97	0.00
225	79.33	3.97	0.03	73.67	2.68	0.00	75.00	4.97	0.00
240	78.67	3.16	0.00	73.67	2.68	0.00	75.00	4.97	0.00
255	78.67	3.16	0.00	73.67	2.68	0.00	-	-	-
270	78.67	3.16	0.00	73.67	2.68	0.00	-	-	-
285	78.67	3.16	0.00	-	-	-	-	-	-

mc = ความชื้นเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก(% d.b.)

mr = อัตราส่วนความชื้น

t = เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง(นาที)

w = น้ำหนักเมล็ดพริกไทยดำลอกเปลือก(กรัม)

subscript

1 = อุณหภูมิ 40 °C

2 = อุณหภูมิ 50 °C

3 = อุณหภูมิ 60 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้