

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาพารามิเตอร์ในการผลิตตำรองผง
ด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่

STUDY ON DRYING PARAMETERS FOR MALVA NUT POWDER
BY DOUBLE DRUM DRYER



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 104132
วัน,เดือน,ปี 30 ต.ค. 2552

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาพารามิเตอร์ในการผลิตสารองผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่

Study on Drying Parameters for Malva Nut Powder by Double Drum Dryer

ผู้จัดทำ

1. นางสาวพรสวรรค์ ดิเรกชัย รหัสนักศึกษา 48010586
2. นางสาวลิวดี จำปาหอม รหัสนักศึกษา 48010751
3. นางสาววรรณพร ชิ่งพรหม รหัสนักศึกษา 48010768



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาพารามิเตอร์ในการผลิตสารองผง
ด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่
Study on Drying Parameters for Malva Nut Powder
by Double Drum Dryer

นักศึกษา นางสาว พรสวรรค์ ดิเรกชัย
นางสาว สิวดี จำปาหอม
นางสาว วรณพร ชิ่งพรหม

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์สาทิพย์ รัตนภาสกร

ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะสารองผงโดยวิธีการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่ ซึ่งตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วย เปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ (มอลโตเด็คซ์ทริน) 3 ระดับ คือ 0 %, 5 % และ 10 % อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 3 ระดับ คือ 110, 120 และ 130 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง คือ 34.5, 46.5 และ 58.5 วินาที ผลผลิตแห้งผงที่ได้นำมาวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ อาทิ ปริมาณความชื้น เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้ ความหนาแน่นรวม ความสามารถในการละลายและการดูดซับน้ำ ค่าสี ซึ่งจากการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้สารองผงมีความสามารถในการดูดซับน้ำ และคืนตัวเป็นเนื้อสารองได้ดีที่สุด คือ สภาวะที่มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 0 % อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 120 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 58.5 วินาที

Report Title Study of drying parameters for Malva nut drink Powder with Double Drum Dryer

By Miss Pornsawan Direkchai
Miss Leewadee Champahom
Miss Wannaporn Cuengprom

Advisor Assoc.Prof. Satip Rattanapaskorn

Report for Bachelor's Degree of food Engineering
Department of Food Engineering Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

The objective of this study was investigated in drying parameters for malva nut (*Scaphium Macropodium Beaum*) powder by using double drum dryer. In the experiment, there were conducted with of 3- variables 1) malva nut samples with maltodextrin additive (0, 5 and 10 % total soluble solids) 2) drum surface temperature (110, 120 and 130°C) and drying times were 34.5, 46.5 and 58.5 second. Product characteristics including moisture contents, water absorption index (WAI), water solubility index (WSI) , % yield , bulk density and color of the products were analyzed. The result showed that the optimum condition was found at 0 % total soluble solid, drum surface at temperature 120 C and 58.5 second of drying time that gave the best malva nut powder in quality and water absorption index.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยความกรุณาและความอนุเคราะห์ทางด้านความรู้ และการช่วยแก้ปัญหาต่างๆจากคณาจารย์และบุคลากรฝ่ายต่างๆ

ขอขอบพระคุณ รศ. สาทิป รัตนภาสกร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา คำแนะนำและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ในการทำงานที่ดี รวมทั้งการติดตามเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาในการทำโครงการ

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ช่วยประสิทธิประสาทวิชาความรู้ คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์และช่วยให้ผู้วิจัยสามารถแก้ไขปัญหาต่างๆให้ผ่านพ้นไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณอำนาจ กุตะคุ คุณบุญญา พลโพธิ์ คุณวรรณิภา ฉัตรอุทัย และคุณวราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์ เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือในการพิมพ์และใช้อุปกรณ์ต่างๆ และคอยอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยตลอดมา

ขอขอบคุณ เพื่อนนักศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษาคำแนะนำ และให้กำลังใจในการทำโครงการ

ขอขอบพระคุณอย่างสูงยิ่ง คุณพ่อ คุณแม่และทุกคนในครอบครัว สำหรับความรัก ความห่วงใย และกำลังใจในการศึกษา การจัดทำโครงการ รวมทั้งความช่วยเหลือในการแก้ปัญหาต่างๆ และคอยสนับสนุนการศึกษาของคณะผู้วิจัยเป็นอย่างดีโดยตลอดมา

สุดท้ายนี้ผู้แต่งและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นางสาว พรสวรรค์ คิเรกชัย

นางสาว ลีวดี จำปาหอม

นางสาว วรรณพร ช่างพรหม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูปภาพ	IX
สัญลักษณ์	XIV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการ เหตุผลและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ข้อมูลเบื้องต้นผลสำรวจ	3
2.1.1 ข้อมูลทั่วไป	3
2.1.2 สรรพคุณทางยาและประโยชน์ของผลสำรวจ	7
2.2 การอบแห้ง	8
2.2.1 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง	9
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	18
3.1 การเตรียมการทดลอง	18
3.1.1 วัสดุ	18
3.1.2 อุปกรณ์	18
3.2 การกำหนดตัวแปรที่ศึกษา	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables)	19
3.2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables)	19
3.2.3 ตัวแปรควบคุม (Control Variables)	19
3.3 การวางแผนการทดลอง	20
3.4 ขั้นตอนการทดลอง	23
3.4.1 การเตรียมวัสดุคิบ	23
3.4.2 การเตรียมเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่	23
3.4.3 การทำแห้ง	24
3.5 การวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์	26
3.5.1 การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น	26
3.5.2 เปอร์เซนต์น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้	26
3.5.3 ค่าปริมาณน้ำอิสระ	27
3.5.4 การหาค่าความหนาแน่นรวม	27
3.5.5 การวัดค่าสี	27
3.5.6 ความสามารถในการดูดซับน้ำ และความสามารถในการละลายน้ำ	28
3.6 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	29
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	30
4.1 ข้อมูลจำเพาะในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	30
4.2 ตารางแสดงผลการทดลอง	31
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง	32
4.3.1 ปริมาณผลิตภัณฑ์ผงที่ได้	33
4.3.2 ปริมาณความชื้น	38
4.3.3 ความหนาแน่นรวม	43
4.3.4 ความสามารถในการละลาย	48
4.3.5 ความสามารถในการดูดซับ	53
4.3.6 ค่าความสว่างของสี	58
4.3.7 ค่าความเป็นสีแดง	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.8 ค่าความเป็นสีเหลือง	68
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	73
5.1 สรุปผลการทดลอง	73
5.2 ข้อเสนอแนะ	74
เอกสารอ้างอิง	75
ภาคผนวก	77
ภาคผนวก ก แสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองการทำแห้งผงสำรอง	78
ภาคผนวก ข แสดงรายละเอียดผลการวิเคราะห์ทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ระหว่างสถานะการผลิดกับคุณลักษณะผลิตภัณฑ์สำรองผง	116
ภาคผนวก ค แสดงรูปอุปกรณ์ วัสดุดิบ และผลิตภัณฑ์ในการทดลอง	126



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางอาหารของผลสำรอง	6
ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบที่เป็นโมโมแซกคาไรด์จากการสกัดใยอาหาร ของเชื้อหุ้มเมล็ดสำรอง	6
ตารางที่ 3.1 แผนการทดลอง	20
ตารางที่ 3.2 แผนการทดลองแบบ Box-Behnken Design	21
ตารางที่ 3.3 แผนการออกแบบการทดลอง	22
ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งที่ใช้ในการทดลอง	30
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์สำรองผง	31
ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์แบบถดถอย	32
ตารางที่ ก.1 แสดงคุณลักษณะวัตถุเริ่มต้น	78
ตารางที่ ก.2 ความชื้นของเมล็ดสำรอง	79
ตารางที่ ก.3 ความชื้นของเนื้อสำรอง	82
ตารางที่ ก.4 ความชื้นของผงสำรอง	85
ตารางที่ ก.5 ความหนาแน่นของเมล็ดสำรอง	88
ตารางที่ ก.6 ความหนาแน่นของผงสำรอง	91
ตารางที่ ก.7 ค่า a_w ของเมล็ดสำรอง	94
ตารางที่ ก.8 ค่า a_w ของผงสำรอง	97
ตารางที่ ก.9 ค่าสีของเมล็ดสำรอง	100
ตารางที่ ก.10 ค่าสีของเนื้อสำรอง	103
ตารางที่ ก.11 ค่าสีของผงสำรอง	106
ตารางที่ ก.12 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้ของผงสำรอง	109
ตารางที่ ก.13 ความสามารถในการละลายน้ำและการดูดซับน้ำ	110
ตารางที่ ก.14 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้ง ที่สภาวะการทดลองต่างๆ	114

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ก.15	ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งที่สภาวะการทดลอง ต่างๆ	115
ตารางที่ ข.1	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ในรูปแบบ 2^{nd} polynomial equation	117
ตารางที่ ข.2	แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของความชื้นของผลิตภัณฑ์สำรองผง	118
ตารางที่ ข.3	แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์สำรองผงที่ได้	119
ตารางที่ ข.4	แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของความหนาแน่นรวมของผลิตภัณฑ์สำรองผง	120
ตารางที่ ข.5	แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของความสามารถในการละลายน้ำของผลิตภัณฑ์ สำรองผง	121
ตารางที่ ข.6	แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของความสามารถในการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์สำรอง ผง	122
ตารางที่ ข.7	แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของความค่าสว่างของผลิตภัณฑ์สำรองผง	123
ตารางที่ ข.8	แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์สำรองผง	124
ตารางที่ ข.9	แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์สำรองผง	125

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1	ต้นสำรอง	4
รูปที่ 2.2	ผลสำรองอ่อนและแห้ง	4
รูปที่ 2.3	ส่วนประกอบของผลสำรองที่พองตัว	5
รูปที่ 2.4	แสดงลักษณะการหมุนของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ และส่วน a	14
รูปที่ 2.5	แสดงการกระจายของอุณหภูมิในการอบแห้งแบบลูกกลิ้ง	15
รูปที่ 3.1	(a) the cube for BBD and three interlocking 22 factorial design (b)	20
รูปที่ 3.2	แผนผังแสดงขั้นตอนการทดลอง	25
รูปที่ 4.1	การเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ผงสำรองที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-1)	33
รูปที่ 4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าปริมาณผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (%) ของสำรองผง ที่ปริมาณของแฉ่งที่ละลายน้ำได้ 0 %	34
รูปที่ 4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าปริมาณผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (%) ของสำรองผง ที่ปริมาณของแฉ่งที่ละลายน้ำได้ 5 %	35
รูปที่ 4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าปริมาณผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (%) ของสำรองผง ที่ปริมาณของแฉ่งที่ละลายน้ำได้ 10 %	36
รูปที่ 4.5	การเปรียบเทียบค่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สำรองผงที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-2)	38
รูปที่ 4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแฉ่งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าปริมาณความชื้นของสำรองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง 110 องศาเซลเซียส	39
รูปที่ 4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแฉ่งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าปริมาณความชื้นของสำรองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง 120 องศาเซลเซียส	40

สารบัญรูปรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าปริมาณความชื้นของสารองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง 130 องศาเซลเซียส	41
รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นรวมของผลิตภัณฑ์สารองผงที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-3)	43
รูปที่4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ ที่มีผลต่อค่าความหนาแน่นรวมของผงสารอง ระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 34.5 วินาที	44
รูปที่4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ ที่มีผลต่อค่าความหนาแน่นรวมของผงสารอง ระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 46.5 วินาที	45
รูปที่4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ ที่มีผลต่อค่าความหนาแน่นรวมของผงสารอง ระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 58.5 วินาที	46
รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบค่าความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์สารองผงที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-4)	48
รูปที่4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการละลายของผงสารอง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 0 %	49
รูปที่4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการละลายของผงสารอง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 5 %	50
รูปที่4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการละลายของผงสารอง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 10 %	51
รูปที่ 4.17 การเปรียบเทียบค่าความสามารถในการดูดซับของผลิตภัณฑ์สารองผงที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-5)	53

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการดูดซับของผงสำรอง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 0 %	54
รูปที่4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการดูดซับของผงสำรอง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 5 %	55
รูปที่4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการดูดซับของผงสำรอง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 10 %	56
รูปที่ 4.21 การเปรียบเทียบค่าความสว่างของสี(L) ของผลิตภัณฑ์สำรองผงที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-6)	58
รูปที่4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสว่างของสี(L) ของสำรองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง องศาเซลเซียส	59
รูปที่4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสว่างของสี(L) ของสำรองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง องศาเซลเซียส	60
รูปที่4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสว่างของสี(L) ของสำรองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง องศาเซลเซียส	61
รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบค่าความเป็นสีแดง (a) ของผลิตภัณฑ์สำรองผงที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-7)	63
รูปที่4.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความเป็นสีแดง(a) ของสำรองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง องศาเซลเซียส	64
รูปที่4.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความเป็นสีแดง(a) ของสำรองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง องศาเซลเซียส	65

สารบัญรูปรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความเป็นสีแดง(a) ของสารองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง	130
องศาเซลเซียส	66
รูปที่ 4.29 การเปรียบเทียบค่าความเป็นสีเหลือง (b) ของผลิตภัณฑ์สารองผงที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-8)	68
รูปที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง(b) ของสารองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง	110
องศาเซลเซียส	69
รูปที่ 4.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง(b) ของสารองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง	120
องศาเซลเซียส	70
รูปที่ 4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง(b) ของสารองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง	130
องศาเซลเซียส	71
รูปที่ ค.1 เครื่องทำแห้งแบบลูกกิ้งหมุนคู่	127
รูปที่ ค.2 เครื่องวัดค่าสี Tri-Stimulus Colori-meter	127
รูปที่ ค.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Yamato Electronic Balance รุ่น HB-120	128
รูปที่ ค.4 โถดูดความชื้น	128
รูปที่ ค.5 เครื่องวิเคราะห์ค่า A_w ยี่ห้อ Aqualab Model Series 3 TE	129
รูปที่ ค.6 ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Memmert รุ่น UM400	129
รูปที่ ค.7 เครื่อง Centrifuge ยี่ห้อ Hettich Zentrifugen รุ่น EBA 12	130
รูปที่ ค.8 Feeler Gauge	130
รูปที่ ค.9 เมล็ดสารอง	131
รูปที่ ค.10 เนื้อสารอง	131
รูปที่ ค.11 สารองผงการทดลองที่ 1 0% 110 °C 46.5 s	132
รูปที่ ค.12 สารองผงการทดลองที่ 2 0% 130 °C 46.5 s	132
รูปที่ ค.13 สารองผงการทดลองที่ 3 10% 110 °C 46.5 s	132

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ ค.14 สํารองผงการทดลองที่ 4 10% 130 °C 46.5 s	132
รูปที่ ค.15 สํารองผงการทดลองที่ 5 0% 120 °C 58.5 s	132
รูปที่ ค.16 สํารองผงการทดลองที่ 6 0% 110 °C 34.5 s	132
รูปที่ ค.17 สํารองผงการทดลองที่ 7 10% 120 °C 58.5 s	133
รูปที่ ค.18 สํารองผงการทดลองที่ 8 10% 120 °C 34.5 s	133
รูปที่ ค.19 สํารองผงการทดลองที่ 9 5% 110 °C 58.5 s	133
รูปที่ ค.20 สํารองผงการทดลองที่ 10 5% 110 °C 34.5 s	133
รูปที่ ค.21 สํารองผงการทดลองที่ 11 5% 110 °C 34.5 s	133
รูปที่ ค.22 สํารองผงการทดลองที่ 12 5% 130 °C 34.5 s	133
รูปที่ ค.23 สํารองผงการทดลองที่ 13 5% 120 °C 46.5 s	134
รูปที่ ค.24 สํารองผงการทดลองที่ 14 5% 120 °C 46.5 s	134
รูปที่ ค.25 สํารองผงการทดลองที่ 15 5% 120 °C 46.5 s	134

สัญลักษณ์

A	พื้นผิวลูกกลิ้งที่สัมผัสอาหาร (m^2)
ERH	ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (%)
L	ระยะทางที่อาหารสัมผัสลูกกลิ้ง (m)
L	ค่าความสว่าง
N_w	อัตราการระเหยน้ำ ($kg/m^2.s$)
P	ความดันไอในสารละลายหรือวัสดุอาหาร
P_o	ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์
T	อุณหภูมิอาหารด้านที่สัมผัสอากาศ (K)
T_A	อุณหภูมิอากาศ (K)
T_s	อุณหภูมิอากาศ ($^{\circ}C$)
T_f	อุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารเหลว ($^{\circ}C$)
T_H	อุณหภูมิไอน้ำ (K)
U	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยรวม ($W/m^2.K$)
W_b	ค่าความชื้นฐานเปียก (%)
WAI	ความสามารถในการดูดซับน้ำ (g/g)
WSI	ความสามารถในการละลายน้ำ (%)
X_1	เปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ (%)
X_2	อุณหภูมิที่ผิวลูกกลิ้ง ($^{\circ}C$)
X_3	ระยะเวลาในการทำแห้ง (s)
Y_i	ตัวแปรตาม ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตสำรองผง, ความชื้นของสำรองผง, ความหนาแน่นรวม, สี, ความสามารถในการดูดซับและละลายน้ำ
a_{ij}	ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร โดยที่ $i,j = 0,1,2,3$
a_w	ค่า Water Activity
a	ระยะทางที่ของเหลวเริ่มอยู่บนผิวลูกกลิ้ง จนถึงที่ขูดออก ต่อระยะทางทั้งหมดของลูกกลิ้งที่เคลื่อนที่ได้ 1 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแบบลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a	ค่าแสดงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว
b	ค่าแสดงความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน
d	เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้ง (m)
h_c	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจากอากาศไปยังอาหาร ($W/m^2.K$)
h_{fg}	ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (K)
m	อัตราการระเหยน้ำโดยมวล (kg/h)
t_d	ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง (mm)
w	ความยาวลูกกลิ้ง (m)
x	พื้นที่ที่อาหารสัมผัสลูกกลิ้ง (m^2)



บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการ เหตุผลและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันคนไทยได้หันมาใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้น สมุนไพรไทยจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมอย่างมาก ซึ่งผลสำรองเป็นผลไม้ประเภทสมุนไพรที่ถูกนำมารับประทานเป็นขนมหวานตั้งแต่สมัยโบราณตามกรรมวิธีจากภูมิปัญญาชาวบ้านและจากงานวิจัยพบว่าผลสำรองสามารถกินแก้ร้อนใน แก้ไอ ขับเสมหะ แก้ตาอักเสบ รักษาแก้มโรค แก้ลมพิษ แก้ท้องเสีย แก้โรคอ้วน(นิรนาม,2551) กรรมวิธีการนำมารับประทานด้วยตนเองทำได้โดย นำผลสำรองแห้งไปแช่น้ำ จากนั้นเปลือกหุ้มเมล็ดจะพองตัวออกมาคล้ายวุ้น โดยขยายตัวมากกว่าเดิมประมาณ 7-10 เท่า จะต้องลอกเปลือกบาง ๆ ออกก่อน จึงจะสามารถนำเอาวุ้นข้างในมาต้มน้ำตาล สำหรับดื่มและรับประทานได้

การอบแห้งอาหารเป็นการถนอมอาหารวิธีหนึ่งเพราะการอบแห้ง ช่วยลดความชื้น และช่วยลดปฏิกิริยาเคมีในอาหาร อาหารที่ผ่านการอบแห้งแล้วสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน โดยไม่เกิดการเสื่อมเสีย นอกจากนี้การอบแห้งยังเป็นการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารจากรูปแบบหนึ่งให้เป็นอีกรูปแบบหนึ่ง และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ด้วย ผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปแล้วสามารถนำไปใช้ประโยชน์ร่วมกับผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นได้ อีกทั้งการอบแห้งยังเป็นการลดปริมาตรและน้ำหนักของอาหาร ซึ่งมีประโยชน์ต่อการขนส่ง เคลื่อนย้ายและบรรจุภัณฑ์ สำหรับเครื่องมือที่ใช้อบแห้งมีหลายชนิดแตกต่างกัน ไปขึ้นกับคุณลักษณะอาหารเริ่มต้น และลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ต้องการ ซึ่งเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกเหมาะสำหรับทำแห้งอาหารที่มีลักษณะเหลวข้นหนืด และมีปริมาณแฉ่งสูง (พรศักดิ์,2534) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะบางกรอบหรือเป็นผงเหมาะสำหรับการทำแห้งผลิตภัณฑ์ผงจากลูกสำรอง เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งมีจุดเด่นในด้านการใช้ระยะเวลาในการทำแห้งน้อย และใช้เงินลงทุนต่ำกว่าเครื่องมือประเภทอื่นๆ ซึ่งเป็นเหตุผลที่น่าสนใจในการศึกษาการทำแห้งผลิตภัณฑ์จากผลสำรองเพื่อลดต้นทุนการผลิต จากสรรพคุณของผลสำรองที่มีอยู่มากมายทำให้ผู้คนหันมารับประทานผลิตภัณฑ์จากผลสำรองมากขึ้นแต่กรรมวิธีการผลิตยังไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร

ในการศึกษาครั้งนี้ทางผู้จัดทำจึงได้นำข้อมูลบางส่วนที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องมาใช้ในการศึกษาพารามิเตอร์ในการผลิตสำรองผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่ เพื่อพัฒนาระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากผลสำรองให้มีต้นทุนการผลิตที่ลดลง และลดระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตให้ดียิ่งขึ้นไปในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพารามิเตอร์ (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้, อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งและระยะเวลาในการทำแห้ง) ต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์สารรองผงที่ได้จากเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่
2. เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษาต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์สารรองผงที่ได้จากเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แนวทางในการเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำสารรองผงจากเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่
2. เป็นแนวทางในการขยายขนาดการผลิตน้ำสารรองผงในระดับอุตสาหกรรมต่อไป
3. สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทำแห้งสารรองผง

1.4 ขอบเขตของโครงการ

วัตถุดิบที่ใช้ คือ ผลสารองแห้ง จากจังหวัดจันทบุรี ทำการเตรียมวัตถุดิบน้ำสารองโดยใช้ผลสารองแห้ง แช่ในน้ำสะอาดในอัตราส่วน 300 กรัมต่อน้ำ 15 ลิตรเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำมาทำการทดลองด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่ เพื่อศึกษาถึงผลที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์สารรองผงที่วัตถุดิบเริ่มต้นมีการผสมกับมอล โทเด็กซ์ทริน ให้มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ 3 ระดับ คือ 0%, 5% และ 10% อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 3 ระดับ คือ 110, 120 และ 130 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการทำแห้ง 3 ระดับ คือ 34.5, 46.5 และ 58.5 วินาที วิเคราะห์และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้, เปอร์เซ็นต์ความชื้น, ความหนาแน่นรวม, A_w , ความสามารถในการละลายน้ำและการดูดซับน้ำ และ ค่าสีของผลิตภัณฑ์

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นต้นผลตำรอง

ต้นตำรองเป็นพืชท้องถิ่นดั้งเดิมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผลตำรองจัดเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่ง ถูกนำมาใช้ประกอบเป็นอาหารตั้งแต่สมัยโบราณ นอกจากนี้ผลตำรองยังมีสรรพคุณทางยาอีกด้วย

2.1.1 ข้อมูลทั่วไป (นันทวันและอรนุช , 2543)

ชื่อทางวิทยาศาสตร์ : *Scaphium Macropodum Beaum. Sterculia lychnophora.*

วงศ์ : Sterculiaceae

ชื่อสามัญ : ตำรอง

ชื่อพื้นเมือง : พุงทลาย ภาคอีสานเรียก บักจอง ชาวจีน เรียก ฮวง ไต้ไฮ้

1. ลักษณะพฤกษศาสตร์

ตำรอง เป็นไม้ยืนต้นพื้นเมืองของไทย จัดเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ ชอบขึ้นในอากาศร้อนชื้น มีลักษณะเด่นคือลำต้นขึ้นตรงสูง ไม่ผลัดใบ ลำต้นกลมตรง ไม่มีกิ่งเลยเป็นระยะไม่น้อยกว่า 12 เมตร โดยจะพบส่วนของกิ่งก้านสาขาบริเวณปลายของลำต้น ออกดอกที่ปลายกิ่ง ผลแก่ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. ราก ตำรองมีระบบรากแก้ว

2. ลำต้นตำรอง สูงชะลูด ลำต้นกลมตรง ไม่มีกิ่งเลยเป็นระยะไม่น้อยกว่า 12 เมตร โดยจะพบส่วนของกิ่งก้านสาขาบริเวณปลายของลำต้น ออกดอกที่ปลายกิ่ง ไม้นิยมปลูกกัน มักขึ้นเองตามธรรมชาติ ตามภูเขาใหญ่น้อยทั่วไป จุดเด่นของต้นตำรองนั้นอยู่ที่ผล ซึ่งมีรูปร่างรีเมื่อแก่แล้วผิวจะหยาบขรุขระกลายเป็นสีน้ำตาลแก่ พอร่วงจากต้นก็จะมีปีกบางๆยื่นออกมา ซึ่งส่วนปีกนั้นเรียกว่า "สำเนา" ทำให้เจ้าผลตำรองนี้ มีลักษณะคล้ายเรือสำเนาที่อาศัยกระแสลมให้พัดพาต่อลอยในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ต้นสำรอง

ที่มา: (นิรนาม2,2551)

3. ใบ สำรองมีลักษณะของใบ เป็นใบเดี่ยวหรือใบประกอบ โดยขนาดของใบที่รวมแผ่นใบและก้านค้ำยมีขนาดตั้งแต่ 22 ถึง 147 เซนติเมตร เฉพาะใบ กว้าง 10-12 เซนติเมตร ยาว 15-25 เซนติเมตร ใบมนหรือเว้าเล็กน้อย รูปหัวใจคอกสีแดงรวมกันเป็นช่อใหญ่

4. ดอก ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศหรือเพศเดียว กลีบเลี้ยงมี 5 กลีบ ดอกมี 5 กลีบซึ่งมีขนาดเล็กหรือบางที่ก็ไม่มีเลย เกสรตัวผู้มี 2 ชั้น แต่ละชั้นเชื่อมติดกัน ชั้นในเป็นเกสรสมบูรณ์ อับเรณูมี 2 เซลล์ รังไข่มี 5 ช่อง แต่ละช่องมี 2 หรือมากกว่า



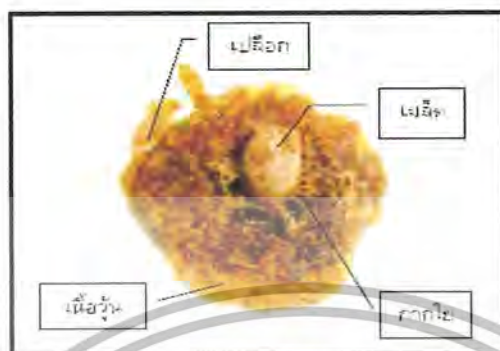
รูปที่ 2.2 ผลสำรองอ่อนและแห้ง

ที่มา: (นิรนาม2,2551)

5. ผล ผลลักษณะกลมรีคล้ายผลสมอ มีปีกบางสีน้ำตาลติดที่โคนผล ลักษณะเป็นแผ่นบางๆ เรียกว่า ตะเกา ซึ่งมีลักษณะโค้งงอคล้ายเรือติดอยู่ตรงโคน สามารถปลิวไปได้ไกล ปีกมีลายเส้นชัดเจน ผลอ่อนจะมีสีเขียว เมื่อแก่จะมีสีน้ำตาล ลักษณะเขียวแห้งก่อนที่จะหล่นลงมาพร้อมปีกรูปร่างค่อนข้างกลม ผลแห้งจะมีผิวขรุขระ มีขนาดกว้าง 1 - 1.5 เซนติเมตรยาว 2 – 3 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เมล็ด เมล็ดมี endosperm พืชในวงศ์นี้มีประมาณ 50 สกุล เป็นไม้เขตร้อนหรือกึ่งเขตร้อน ในประเทศไทยมีอยู่ประมาณ 16 สกุล



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของผลตำรอนที่ทองตัว

ที่มา: (นิรนาม 2,2551)

2. ถิ่นกำเนิด

ผลตำรอนพบได้ตามป่าดงดิบ มีความชื้นสูง ตามภูเขาใหญ่น้อยทั่วไป ในประเทศไทยพบมากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี, ระยอง และตราด ทางภาคอีสาน ได้แก่ อ.นาจะหลวยและ อ.น้ำยืน จังหวัดอุบลราชธานี ส่วนประเทศอื่นๆ นั้น ได้แก่ ประเทศพม่า กัมพูชา จีน มาเลเซีย อินโดนีเซีย บริเวณเกาะสุมาตราและบอร์เนียว และในแถบคาบสมุทรมาลาญ

3. องค์ประกอบทางเคมี (นิรนาม 1,2551)

วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของผลตำรอนโดย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย พบว่าผลตำรอนมีองค์ประกอบทางอาหารดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางอาหารของผลสำรอง

คุณค่าทางอาหารของเนื้อผลสำรอง	ปริมาณร้อยละ
คาร์โบไฮเดรต	68.59
โปรตีน	8.45
ไขมัน	0.11
กาก	3.97
เถ้า	8.01
โซเดียม	0.12
โพแทสเซียม	0.14
แคลเซียม	0.25
ฟอสฟอรัส	0.20
เหล็ก	0.01

ซึ่งได้มีการศึกษา(วรัญญาและคณะ,2551)โครงสร้างพื้นฐานและองค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารในผลสำรอง โดยทำการสกัดใยอาหารของเยื่อเมล็ดหุ้มเมล็ดสำรอง ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.05 โมลาร์ และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.05 โมลาร์ พบว่าส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต ถึงร้อยละ 62 โปรตีนร้อยละ 3.8 เถ้าร้อยละ 8.4 ซึ่งสารคาร์โบไฮเดรตที่พบส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลโมโนแซ็กคาไรด์ (monosaccharide) ได้แก่ Arabinose, Galactose, Rhamnose, Glucose, Xylose และ Mannose ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบที่เป็นโมโนแซ็กคาไรด์จากการสกัดใยอาหารของเยื่อหุ้มเมล็ดสำรอง

Monosaccharide composition	ร้อยละโดยน้ำหนัก
Arabinose	31.9 ± 0.2
Galactose	29.2 ± 0.2
Rhamnose	29.4 ± 0.1
Glucose	2.7 ± 0.2
Xylose	2.1 ± 0.1
Mannose	4.8 ± 0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าสารอาหารในผลสำรอง ส่วนใหญ่เป็น คาร์โบไฮเดรต โยอาหาร รองลงมาคือ โปรตีน ไขมัน และโยอาหารในผลสำรองจัดเป็น โยอาหารที่ละลายน้ำ (Water-soluble dietary fiber) มีสารเมือกสูง ซึ่งโยอาหารเหล่านี้ มีคุณสมบัติของตัวได้ดี เมื่อสัมผัสน้ำจะละลาย เกิดเป็นสารขุ่นหนืดที่สามารถเคลือบกระเพาะอาหารและลำไส้มากขึ้นและทำให้ความหนืดของอาหารโดยรวมมีความหนืดเพิ่มขึ้น มีผลทำให้อาหารเคลื่อนตัวช้าลง อยู่ในระบบทางเดินอาหารนานขึ้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการดูดซึมสารอาหารต่างๆ เช่น น้ำตาล และไขมัน รวมทั้งวิตามินต่างๆ ได้ จึงช่วยชะลอการดูดซึมไขมันและน้ำตาล ได้ดี แต่ถ้ารับประทานมากเกินไปหรือติดต่อกันเป็นเวลานานอาจทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารต่างๆ โดยเฉพาะวิตามินและแร่ธาตุบางชนิดลดลงได้

ส่วนโทษของการดื่มน้ำสำรอง นั้นยังไม่มีรายงานเรื่องการเกิดพิษของน้ำสำรอง แต่สิ่งที่ควรระวังคือ การดื่มน้ำสำรองที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งมีส่วนผสมของน้ำตาล หากดื่มน้ำในปริมาณมากอาจทำให้น้ำตาลในเลือดสูงได้ นอกจากนี้การดื่มน้ำสำรองในปริมาณมากแทนการรับประทานอาหาร อาจก่อให้เกิดขาดสารอาหารได้

2.1.2 สรรพคุณทางยาและประโยชน์ของผลสำรอง (สุภกรณ, 2550)

รากต้นสำรอง

รากของต้นสำรอง มีรสเฝื่อนเปรี้ยวเล็กน้อย แก้ไอ แก้ท้องเสีย รักษาแกมโรค แก้พยาธิผิวหนัง

เปลือกสำรอง

เปลือกของต้นสำรองนั้นมีลักษณะพิเศษคือค่อนข้างหนา สามารถลอกออกจากต้นได้ง่าย ในขณะที่สด ถ้านำมาทุบเพื่อออกจะมีลักษณะเป็นแผ่นแบน และจะคงรูปเป็นแผ่นลักษณะนั้นอยู่เมื่อแห้งแล้ว ชาวบ้านในสมัยก่อนจึงนิยมนำเปลือกสำรองมาปูพื้นและฝาบ้าน เปลือกต้น รสเฝื่อน แก้ไอ แก้ท้องเสีย

ลำต้นสำรอง

ไม้สำรองจัดเป็น ไม้เนื้อแข็งประเภทบัญชี 3 เช่นเดียวกับไม้กระบก ไม้พะวา ไม้ยุง และไม้ตะเคียนหนู สามารถนำมาใช้ทำส่วนประกอบ โครงสร้างของการก่อสร้างในส่วนที่ไม่ถูกแสงแดด ถูกฝน หรือความชื้น เช่น วงกบ ประตู หน้าต่าง เป็นต้น ซึ่งถ้าจะให้มีความคงทนก่อนการใช้งาน ควรมีการอบน้ำยาก่อน แก่นต้น รสเฝื่อน แก้โรคเรื้อน แก้กฐฐึง แก้แกมโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลสำรวจ

สำรวจแก่ เมื่อนำมาแช่น้ำ เนื้อบางๆ ที่หุ้มเมล็ดจะพองตัวทำให้ขนาดใหญ่ขึ้นประมาณ 10 เท่า ส่วนที่พองน้ำนี้จะมีลักษณะคล้ายวุ้นบางๆ พองตัวได้ดี ในน้ำ มีความสามารถในการดูดซับน้ำ ถึง 40 - 45 มิลลิเมตร/กรัม เนื้อสำรวจเป็นพวกรสารเมือก(Mucilage) สามารถนำมารับประทานได้ โดยเติมน้ำตาลเพื่อให้มีรสหวาน สำหรับสรรพคุณทางสมุนไพรนั้นสามารถแก้อาการร้อนใน ลดอาการไข้ แก้ไอ แก้กามขาง ตานขโมยในเด็ก แก้ท้องเสีย แก้ลมพิษ แก้ลม แก้ธาตุพิการรวมทั้งใช้ ส่วนวุ้นที่พองน้ำห่อด้วยผ้าก๊อตพอกแก้ตาอักเสบได้ ในประเทศอินเดีย มีการรายงาน ว่าสำรวจ สามารถใช้ในการรักษา อาการอักเสบ แก้ไอ และจับเสมหะ ในประเทศจีน ฮองกง และ ไต้หวัน นิยมใช้สำรวจ ร่วมกับชะเอมจีนคั้นกับน้ำจิบบ่อยๆ เพื่อแก้เจ็บคอ ในปัจจุบัน มีผู้บริโภค สมุนไพร บางคนนำลูกสำรวจไปรับประทานเป็นอาหารลดความอ้วน เนื่องจากสำรวจ สามารถ พองตัวได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถใช้เยื่อหุ้มเมล็ดที่พองน้ำนำไปพอกฝีเพื่อทำเป็นรังนกเทียม ได้อีก ด้วย (นิรนาม2,2551)

2.2 การอบแห้ง (นิรนาม3, 2551)

การอบแห้ง คือกระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง ไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกด้วยการระเหย โดยอาศัยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหย

ประโยชน์ของการอบแห้ง

1. เพื่อถนอมรักษาอาหาร อาหารที่แห้งแล้วสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน โดยไม่เสื่อมเสีย เนื่องจากความชื้นต่ำกว่า 10 % การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะช้ามาก
2. เพื่อลดปริมาตรของน้ำหนัก อาหารที่แห้งแล้วจะมีปริมาตรและน้ำหนักลดลงทำให้สามารถลดต้นทุนในการเก็บรักษาและขนส่ง
3. เพื่อช่วยให้ขบวนการผลิตดีขึ้น

หลักการทำแห้ง

การทำแห้ง (Dehydration) หมายถึง ขบวนการที่แยกน้ำออกจากอาหารอย่างช้าๆ จนเกือบหมดภายใต้สภาวะที่ควบคุม โดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนให้อาหารได้รับความร้อนเท่ากับ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent heat of Vaporization) ทำให้มีการเคลื่อนที่ของน้ำหรือ

ไอน้ำจากภายในเนื้ออาหารออกมาที่ผิว แล้วระเหยออกไปจากผิวหน้าอาหาร ความร้อนที่ส่งเข้าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มายังขึ้นอาหารอาจจะส่งไปในรูปการนำความร้อน การพาความร้อน หรือการแผ่รังสีก็ได้

2.2.1 การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (คาริกาและคณะ,2545)

เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่

เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่ (Double dryer) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้อาหารแห้ง โดยให้อาหาร เหลวสัมผัสกับผิวที่ร้อนของลูกกลิ้ง 2 อัน ที่หมุนสวนทางกัน อาหารจะถูกรีดเป็นแผ่นบางๆ และ แห้งในระยะเวลาสั้น ประมาณ 2-30 นาที มีใบมีดขูดอาหารแห้งออกมาเป็นแผ่นกรอบ (Flake) เพื่อ ใช้เป็นอาหารว่าง เช่น ผักและผลไม้แผ่นกรอบ หรือนำไปบดเป็นอาหารผงก็ได้ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ แห้งที่ได้จากเครื่องมือนี้ ได้แก่ นมผง ชูปัง ผักและผลไม้ผง อาหารเด็ก

การแบ่งชนิดเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง

การแบ่งชนิดเครื่องอบแห้ง แบ่งได้โดยใช้จำนวนลูกกลิ้ง ทิศทางการหมุนของลูกกลิ้งและ ลักษณะการป้อนสารให้เครื่องมือเป็นหลัก สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว (single drum dryer)

เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว ประกอบด้วยลูกกลิ้งที่ได้รับความร้อนหนึ่งชุด ส่วนใหญ่ เป็นแบบที่ทำงานที่ความดันบรรยากาศ โดยการป้อนสารที่ต้องการอบแห้งได้หลายแบบ คือ การ ป้อนสารแบบจุ่ม (Dip feed) การป้อนสารแบบพวย (Splash feed) ข้อเสียเปรียบของทั้งสองวิธีนี้ คือ แผ่นฟิล์มที่ติดบนผิวลูกกลิ้งมีความหนาไม่สม่ำเสมอ และอาจไหม้ได้ จึงมีวิธีการปรับปรุงใช้วิธีการ ป้อนสารแบบปายติด (Transfer roll) โดยการเพิ่มลูกกลิ้งอีกหนึ่งหรือสองชุด เพื่อช่วยป้อนของเหลว จากถัง

2. เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (Double drum dry)

ส่วนใหญ่มักเป็นการทำงานที่ความดันบรรยากาศ ประกอบด้วยลูกกลิ้งที่ได้รับความร้อน 2 ชุดหมุนเข้าหากัน ป้อนของเหลวตรงช่องระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง ซึ่งสามารถปรับให้ชิดห่างกันได้ ข้อเสียของการป้อนระบบนี้ คือ ทำให้ของเหลวมีอุณหภูมิเริ่มต้นสูง และอาจมีผลเสียต่อคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการพ่นของเหลวลงบนผิวของลูกกลิ้ง โดยตรง หรือในกรณีที่ของเหลวมีความหนืดไม่สูงมากนัก อาจป้อนผ่านท่อที่เจาะรูไว้ตรงตำแหน่ง เหนือระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งที่ความดันบรรยากาศนี้ไม่เหมาะสมกับ ของเหลวที่มีปริมาณน้ำ หรือตัวทำละลายมากเกินไปแต่ใช้ได้ดีกับของเหลวที่มีความหนืดสูง ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ไวต่อความร้อนหรือต้องการผลิตภัณฑ์แห้งที่มีคุณภาพดีขึ้นจะต้องทำให้แห้งภายใต้สูญญากาศ (Vacuum drum dryer) เพื่อลดจุดเดือดของน้ำในอาหารลง

3. เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งแฝด (Twin drum dryer)

มีลักษณะการใช้งานคล้ายเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ แต่ลูกกลิ้งทั้งสองหมุนออกจากกัน การออกแบบใช้แก้ปัญหาคความยุ่งยากของระบบ ช่องห่างระหว่างลูกกลิ้งจะไม่มีผลต่อความหนาของแผ่นฟิล์มแต่ก็สามารถจะปรับได้ โดยใช้แบบจุ่ม คือ ให้ลูกกลิ้งจุ่มลงในถังบรรจุของเหลว แต่ถ้ำของเหลวมีคุณสมบัติที่ไม่ติดเกาะกับลูกกลิ้ง แก้ไขได้โดยวิธีป้อนจากด้านบน

ระบบการป้อนสารอาหารเหลวที่ต้องการอบแห้ง แบ่งได้ดังนี้

1. การป้อนสารแบบจุ่ม (Dip feed)

เป็นแบบที่ง่ายที่สุดใช้กับเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว และบางครั้งใช้กับเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งแฝด ระบบนี้ประกอบด้วยถาดที่มีของเหลวที่ต้องการทำให้แห้ง ลูกกลิ้งจุ่มลงในถาดของสารละลาย โดยทั่วไปการป้อนสารแบบจุ่มใช้สารละลายซึ่งมีความเข้มข้นสูง และสามารถเกาะติดกับผิวลูกกลิ้งที่ร้อน

2. การป้อนแบบพู่ (Splash feed)

ใช้มากที่สุดกับเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งแฝด เมื่อสารที่ทำแห้งเป็นสารละลายข้น (Slurry) ระบบนี้ประกอบด้วย Revolving splash roll 2 ตัว ซึ่งมีความยาวเท่ากับความยาวของลูกกลิ้ง จะถูกย่ำด้วยหมุดซึ่งจุ่มลงไป ในถาดป้อนสาร และพู่สารละลายของเหลวขึ้นให้มาคนกับด้านล่างของลูกกลิ้ง บางส่วนของของเหลวจะตกกลับลงในถาดป้อนสาร ระดับของสารในถาดป้อนสารอาจทำให้คงที่ด้วยระบบ Over flow โดยการเปลี่ยนความเร็วรอบของการหมุนของ Splash roll แลกเปลี่ยนความลึกของหมุดที่จุ่มลงในสารละลายจะสามารถควบคุมความหนาของสารที่จะอบแห้งบนผิวลูกกลิ้งทั้งถาดป้อนสารและ Splash roll อาจทำด้วยสแตนเลสสตีลหรือวัสดุอื่นที่เหมาะสม

3. การป้อนสารแบบปล່อย หรือพ่นสารลงในช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง (Nip feed) แบ่งได้ดังนี้

- Perforate manifold pipe feed

ใช้กับเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ เมื่อสารที่จะทำให้แห้งมีความหนืดปานกลางของแข็งอยู่ในสภาพสารละลายเครื่องมือการป้อนสารแบบนี้ประกอบด้วย Perforate pipe ติดตั้งขนานอยู่กับลูกกลิ้ง เพื่อให้สารละลายกระจายอย่างสม่ำเสมอลงบนผิวลูกกลิ้งตลอดความยาวของลูกกลิ้ง

Pendulum feed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Pendulum Feed

ใช้กับเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ เมื่อสารที่ต้องการทำแห้งมีความหนืดมาก จนไม่สามารถใช้ Feed ด้วย Perforated manifold pipe เครื่องมือนี้ประกอบด้วย Feed pipe ติดตั้งในแนวตั้งฉากกับตัวลูกกลิ้ง เมื่อทำให้เคลื่อนที่ โดย gear motor pipe จะแกว่งตามความยาวของลูกกลิ้ง และป้อนสารอย่างสม่ำเสมอในช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง

4. การป้อนสารแบบปายติค (Transfer roll)

ส่วนมากใช้กับเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว การป้อนสารแบบปายติคจะประกอบด้วยลูกกลิ้งขนาดเล็กจุ่มอยู่ในถาดของเหลวบางส่วน และติดตั้งให้ลูกกลิ้งนี้สัมผัสกับลูกกลิ้งที่ร้อน ในขณะที่ลูกกลิ้งขนาดเล็กหมุนจะนำของเหลวไปสัมผัสติดกับลูกกลิ้งที่ร้อน ตลอดแนวความยาวของลูกกลิ้ง

ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งโดยทั่วไป

1. โครงสร้างของลูกกลิ้ง ตัวลูกกลิ้งสามารถสร้างด้วยสแตนเลสสตีล หรือ วัสดุอื่นซึ่งมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับสารที่ต้องการทำแห้งลูกกลิ้งที่สร้างด้วยเหล็กหล่อมาตรฐานจะสามารถทนความดันได้ถึง 100 psig และอาจจะหนาไม่สม่ำเสมอต้องกลึงผิวให้หนาสม่ำเสมอ โดยปกติจะหนาประมาณ 32 ไมโครนิ้วหรือมากกว่า ลูกกลิ้งจะมีระบบกักน้ำอยู่ภายใน เพื่อป้องกันการสะสมของสารควบแน่น

2. ชุดปรับระยะลูกกลิ้ง การปรับช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งใช้สกรูเป็นตัวปรับคั่นให้ลูกกลิ้งตัวหนึ่งเคลื่อนเข้าหาลูกกลิ้งอีกตัวหนึ่งที่ตั้งอยู่กับที่ การปรับช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งจะช่วยให้ควบคุมความหนาของสารที่จะอบแห้ง สกรูที่ใช้ปรับจะติดกับเบร็งที่รองรับเพลลาของลูกกลิ้ง ดังนั้น เมื่อปรับสกรูให้เคลื่อนที่เบร็งก็จะเคลื่อนที่ด้วยเป็นผลให้ลูกกลิ้งเคลื่อนที่ นอกจากนี้วิธีการปรับช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง ยังสามารถจะใช้สปริงในการดันลูกกลิ้งเข้าหากัน แต่วิธีนี้จะปรับช่องว่างได้ในช่วงที่ไม่มากนัก

3. ตัวกักขังสารละลาย (End boards) หน้าที่ของตัวกักขังสารละลาย จะช่วยกักขังสารละลายที่ต้องการอบแห้งให้อยู่ในขอบเขตของลูกกลิ้ง มิให้ไหลออกนอกพื้นผิวของลูกกลิ้ง ตัวกักขังสารละลาย (End board) ตั้งอยู่ที่ปลายทั้งสองข้างของลูกกลิ้ง ใช้กับเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง โดยการป้อนสารแบบปล่อย หรือพ่นสารลงในช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งเท่านั้น โดยปกติตัวกักขังสารละลาย (End board) ทำด้วย Rein forced phenolic resin ซึ่งสามารถลดอัตราการดูดซึมและ

ป้องกันการเน่าบูดของสารที่อบแห้งได้ ตัวกักขังสารละลาย (End board) จะต้องอยู่บนลูกกลิ้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอาศัยแรงดันจากสกรูหรือสปริงที่ติดตั้งอยู่บน โครงของเครื่องอบแห้ง

4. ใบมีด (Knife) เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งมักจะติดตั้งใบมีดขนาดประมาณ 2.4 มิลลิเมตร ทำด้วย high grade tool steel ที่ผ่านการชุบแข็ง (Tempered) มาแล้ว เพื่อให้มีอายุการใช้งานนาน ใบมีดอาจทำด้วย เหล็กกล้าไร้สนิม(Stainless steel),ทองเหลืองแบบน(phosphor bronze)หรือพลาสติกตามแต่คุณลักษณะของสารที่อบแห้ง ในกรณีที่ลูกกลิ้งมีความยาวมากกว่า 10 ฟุต จะใช้ ใบมีดแบบแยกส่วน ใบมีดอาจติดตั้งให้อยู่กับที่หรือติดตั้งในปรับเปลี่ยนมุมของการขูดสารที่จะอบแห้งให้ได้สารที่มีขนาดสม่ำเสมอ

5. ชุดปรับใบมีด (Knife adjustment) ส่วนนี้จะใช้ สกรูปรับความดัน(Pressure thumb screw) ขนาดประมาณ 2 นิ้ว เป็นตัวที่ทำให้ใบมีดสัมผัสกับผิวของลูกกลิ้งอย่างสม่ำเสมอตลอดความยาวของลูกกลิ้ง โดยมีความตึงเพียงพอที่จะทำให้ความสะอาดได้ทั่วทั้งผิวของลูกกลิ้ง และสามารถปรับใบมีดขึ้นเพื่อลบคมหรือเปลี่ยนได้

6. อุปกรณ์เก็บไอน้ำที่มาจากกรอบแห้ง (Vapor hoods) ทำด้วยสแตนเลสสตีล, พลาสติก (Plastic) ทำหน้าที่ดูดไอที่มาจากกรอบแห้ง ควรมีการป้องกันการเกิดการควบแน่น มิให้หยดบนเครื่องอบแห้ง

ตัวแปรที่มีผลต่อการทำแห้งของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง

1. ปริมาณความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อน

ปริมาณความร้อนมีผลต่ออุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง เมื่อลูกกลิ้งได้รับความร้อนในปริมาณมากเกินไปทำให้อุณหภูมิสูงซึ่งมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ใหม่ในทางตรงข้ามถ้าได้รับปริมาณความร้อนที่น้อย ผลิตภัณฑ์ก็จะไม่แห้ง

2. ความเร็วของลูกกลิ้ง (Drum speed)

เป็นตัวกำหนดระยะเวลาในการทำแห้ง (Drying time) โดยกำหนดเป็นระยะเวลาที่ใช้ในการหมุนครบ 1 รอบ หรือจำนวนรอบต่อนาที (rpm) ในการทำให้แห้งถ้าเพิ่มความเร็วมากขึ้น ระยะเวลาที่ของเหลวได้รับความร้อนน้อยลง ความชื้นของผลิตภัณฑ์จะมากขึ้น แต่ถ้าลดความเร็วลงของเหลวได้รับความร้อนเป็นเวลานานอาจไหม้ได้

3. ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง (Drum clearance)

ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งเป็นตัวกำหนดความหนาของฟิล์ม เพราะถ้าฟิล์มหนาเกินไปการระเหยของไอน้ำจากภายในชิ้นอาหารไปยังผิวทำได้ยาก ถ้าบางเกินไปย่อมเกิดความสูญเสียความร้อนไปกับไอน้ำที่ระเหยออกไปมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อุณหภูมิเริ่มต้นของของเหลวก่อนป้อนเข้าเครื่อง (Feed temperature)

มีผลต่อผลต่างระหว่างอุณหภูมิที่ผิวของลูกกลิ้งกับอุณหภูมิของของเหลวที่จะทำให้แห้ง ถ้าของเหลวมีอุณหภูมิเริ่มต้นสูง อัตราการระเหยน้ำจะเกิดเร็วขึ้น ทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์แห้งต่ำ แต่ถ้ามีอุณหภูมิเริ่มต้นต่ำเกินไป อัตราการระเหยน้ำจะกลับช้าลง เพราะต้องใช้ความร้อนส่วนหนึ่งไปทำให้ของเหลวมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นในผลิตภัณฑ์แห้งจึงสูง

5. ปริมาณของแข็งในของเหลว (Solid content)

เป็นตัวแสดงความเข้มข้นของของเหลว พบว่า เมื่อใช้ความเร็วของลูกกลิ้งเท่ากันของเหลวที่มีปริมาณของแข็งสูงจะมีอัตราการผลิตรวดด้วย แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นสูงกว่าพวกที่มีปริมาณของแข็งน้อย

6. อัตราส่วนความชื้นในของเหลว

มีผลต่อแรงดึงดูดต่อลูกกลิ้ง ของเหลวควรมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 78-80 เป็นช่วงที่ดีที่สุดถ้าของเหลวมีความชื้นร้อยละ 45 หรือต่ำกว่านี้จะเกิดความเสียหายแก่เซลล์ของผลิตภัณฑ์ การถ่ายเทความร้อนและมวล

การถ่ายเทความร้อน มี 3 แบบ คือ

1. การนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนจาก โมเลกุลหนึ่ง ไปยังอีก โมเลกุลหนึ่งที่อยู่ข้างเคียงสภาพนำความร้อน เป็นคุณสมบัติของสารที่ประกอบกันขึ้นเพื่อเป็นวัตถุซึ่งจะมีค่าแตกต่างกัน สภาพนำความร้อนขึ้นกับอุณหภูมิและความร้อน ค่าสภาพนำความร้อนของน้ำจะมีความมากกว่าค่าของวัตถุแห้งที่เป็นอาหาร ซึ่งจะเกิดกับอาหารที่มีลักษณะเป็นของแข็ง

2. การพาความร้อน จะเกิดกับอาหารที่เป็นของเหลว โดยกระแสความร้อนจะถูกพาผ่านช่องว่างที่เป็นอากาศหรือแก๊สจากของเหลวชนิดหนึ่งไปยังของเหลวอีกชนิดหนึ่ง

3. การแผ่รังสี เป็นการถ่ายเทความร้อน โดยการแผ่รังสีความร้อน ไปยังอาหารซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีอบอาหารในสุญญากาศ และการอบแห้งแบบเยือกแข็ง

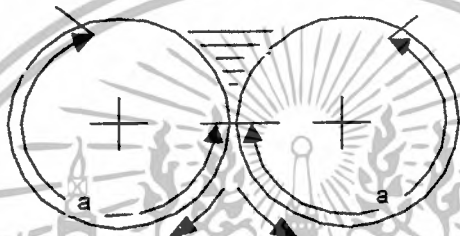
ในทางปฏิบัติ การถ่ายเทความร้อนในการอบแห้งอาจเกิดขึ้นพร้อมกันทั้ง 2 หรือ 3 แบบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของอาหารที่นำไปอบแห้ง

ในกระบวนการอบแห้งสิ่งที่สำคัญ คือ การไล่ความชื้นออกโดยวิธีการระเหยซึ่งอาศัยความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเป็นเครื่องมืออบแห้งที่อาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนจากผิวลูกกลิ้ง ไปยังอาหารเหลวซึ่งเกาะติดที่ผิวของลูกกลิ้ง โดยไอน้ำหรือไฟฟ้าเป็นตัวให้

ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

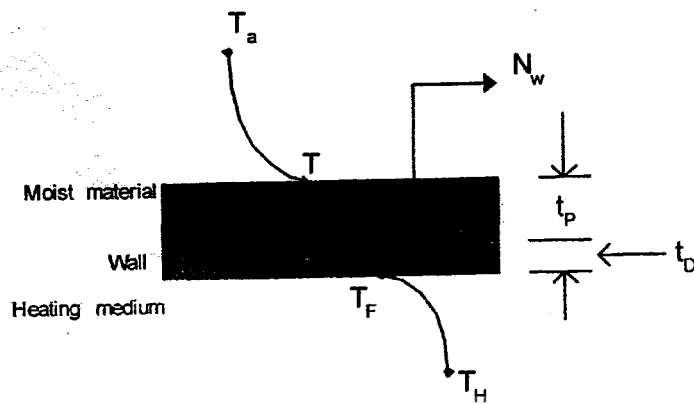
ในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งจะเกิดการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนจากแหล่งความร้อน คือ ไอน้ำ ไปยังผิวลูกกลิ้งที่สัมผัสไอน้ำแล้วจะเกิดการนำความร้อนผ่านผนังลูกกลิ้ง และถ่ายเทไปให้กับอาหารเหลวที่เกาะติดอยู่บนผิวลูกกลิ้ง ความชื้นในอาหารเหลวที่มีอยู่จะระเหยออกไป และมีการพาความร้อนระหว่างผิวอาหารกับอากาศโดยรอบและเมื่อพิจารณาการเกาะติดของอาหารบนผิวลูกกลิ้งประมาณ 2 ใน 3 ของพื้นที่ผิวลูกกลิ้ง ดังรูป โดย a คือ ระยะทางที่ของเหลวเริ่มอยู่บนผิวลูกกลิ้ง จนถึงที่ขูดออก ต่อระยะทางทั้งหมดของลูกกลิ้งที่เคลื่อนที่ได้ 1 รอบ



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะการหมุนของเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ และส่วน a

จากการศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกของ Keey ได้ทำการศึกษากายใต้สมมติฐาน (Keey,2530) ดังนี้

1. ภายใต้สภาวะคงที่
2. ความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มคงที่
3. ความหนาของผนังลูกกลิ้งเรียบสม่ำเสมอเท่ากันตลอด
4. ไม่มีช่องว่างของอากาศระหว่างสารที่มีความชื้นกับ Heating surface
5. ไม่เกิดการสูญเสียความร้อน โดยการนำความร้อนผ่านแกนเพลลาของลูกกลิ้ง
6. ไม่เกิดการสูญเสียความร้อน ที่ด้านปิดทั้งสองของลูกกลิ้ง



รูปที่ 2.5 แสดงการกระจายของอุณหภูมิในการอบแห้งแบบลูกกลิ้ง

จากลักษณะการถ่ายเทความร้อนและการกำหนดสมมติฐานดังกล่าวจะได้สมดุลความร้อนและมวลดังนี้

สมดุลความร้อนและมวล

$$UA_B (T_H - T) = mh_{fg} + h_c A (T - T_0)$$

$$Ua\pi DW (T_H - T) = mh_{fg} + h_c \pi DW (T - T_0)$$

$$Ua(T_H - T) = \frac{mh_{fg}}{\pi DW} + h_c (T - T_0)$$

$$Ua(T_H - T) = N_w h_{fg} + h_c (T - T_0)$$

$$N_w = \frac{Ua(T_H - T) - h_c (T - T_0)}{h_{fg}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รัฐญา และคณะ (2551) ศึกษาสมบัติทางกระแสวิทยาของกัมผงจากผลสำรอง โดยได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสำรอง พบว่าเนื้อสำรองประกอบด้วยไขมัน โยอาหาร ใยอาหาร เล้าไขมัน และโปรตีน ที่ระดับร้อยละ 15.31, 76.45, 5.84, 0.41 และ 3.75 ตามลำดับ โดยสรุปองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ของสำรองเป็นโยอาหาร

คาริกา และคณะ (2545) ศึกษากรรมวิธีการผลิตข้าวผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่ โดยใช้ปลายข้าวกล้องมาหุงต้มเป็นเวลา 20, 30 และ 40 นาที ก่อนบดละเอียด เพื่อป้อนเข้าเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่โดยศึกษาที่สภาวะต่างๆ คืออุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 105°C , 115°C และ 125°C ความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 0.5, 0.8 และ 1.2 rpm พบว่าตัวแปรที่ศึกษาซึ่งประกอบด้วยเวลาที่ใช้หุงต้ม, อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง และความเร็วรอบของลูกกลิ้ง มีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวผงที่ได้

นฤดี และคณะ (2544) ศึกษาปัจจัยการผลิตกล้วยหอมผง โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่ โดยได้ศึกษาผลของปัจจัยการผลิตที่มีต่อความชื้นและ คุณภาพทางด้านสีของกล้วยหอมผง ได้แก่ ระดับการสุกหรือดัชนีสีเปลือกของกล้วยหอม (Peel Color Index, PCI), ความเข้มข้นของกล้วยอบค, อุณหภูมิที่ผิวลูกกลิ้ง และความหนาของฟิล์มอาหาร โดยทำการอบแห้งด้วยลูกกลิ้งหมุนที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 120, 130 และ 140°C และปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งเท่ากับ 0.15 และ 0.30 มิลลิเมตร พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกล้วยหอมผง คือที่ระดับการสุกของกล้วยหอม PCI5 อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 130°C และใช้ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งเท่ากับ 0.15 มิลลิเมตร

Wadsworth et.al. (1996) ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งมันฝรั่งแผ่นบางกรอบ (Potato Flake) โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่ อัตราการทำแห้งพิจารณาจากปริมาณมันฝรั่งแผ่นบางกรอบที่ผลิตได้ต่อชั่วโมง-ตารางฟุต และพบว่าปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการทำแห้ง คือความเร็วในการหมุนของลูกกลิ้ง, ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งและปริมาณของแข็งของอาหารที่ป้อน

พรศักดิ์ และคณะ (2534) กล่าวถึงหลักในการปฏิบัติเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ดี อาหารแห้งจะต้องมีความชื้นหนืดและไหลได้พอสมควร เครื่องอบแห้งชนิดนี้เหมาะสมที่ใช้กับอาหารที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบสูง หากอาหารมีน้ำตาลสูง น้ำตาลจะไหม้ติดลูกกลิ้งได้ ลูกกลิ้ง

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ทรงกระบอกจะต้องมีรูปทรงสม่ำเสมอ ผิวราบเรียบและสะอาดตลอดความยาวของลูกกอล์ฟ ความเร็วของการหมุนของลูกกอล์ฟจะขึ้นกับอุณหภูมิ เส้นผ่านศูนย์กลางและช่องว่างระหว่างลูกกอล์ฟ

C.K. Pua¹ et.al. (2005) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของความเข้มข้นของ soy lecithin และ Gum Arabic ที่ใช้ในการทำแห้งผงขุ่น โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกอล์ฟหมุนคู่ โดยได้ทำการศึกษาการอบแห้งที่สภาวะ ค่าความเร็วรอบ 1 rpm, ระยะห่างระหว่างลูกกอล์ฟ 0.01 in, ความดัน 2.3 bar, ความเข้มข้นของ soy lecithin และ Gum Arabic 1%-5% และ 5%-15% พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขุ่นผงพิจารณาจากค่า moisture content, bulk density, ค่าสี โดยใช้ระบบ Hunter L,a,b และการทดสอบความชอบของขุ่นผง พบว่าความเข้มข้นของ soy lecithin 2.65% และความเข้มข้นของ Gum Arabic 10.28% ที่เติมลงในขุ่น 40% v/w water เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำแห้งขุ่นผง



บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 การเตรียมการทดลอง

3.1.1 วัสดุ

1. ผลสำรวจแห้ง
2. น้ำสะอาด

3.1.2 อุปกรณ์

1. เครื่องอบแห้งชนิดลูกกลิ้งคู่ และถาดรอง 2 ใบ
2. แผ่นเหล็กวัดระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง (Feeler Gauge)
3. เครื่องวัดอุณหภูมิที่ผิวลูกกลิ้ง
4. เทอร์โมมิเตอร์
5. เครื่องปิดผนึกถุง ยี่ห้อ Dako รุ่น SK-210
6. เครื่องวิเคราะห์ค่า A_w ยี่ห้อ Aqualab Model Series 3 TE
7. เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Yamato Electronic Balance รุ่น HB-120
8. เครื่อง Centrifuge ยี่ห้อ Hettich Zentrifugen รุ่น EBA 12
9. ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Memmert รุ่น UM400
10. โถดูดความชื้น
11. ถ้วยอลูมิเนียม
12. ถุงพลาสติก
13. เทอร์โมมิเตอร์
14. เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Tri-stimulus colorimeter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การกำหนดตัวแปรที่ศึกษา

ในการทดลองนี้ต้องการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการทำแห้ง ซึ่งประกอบด้วย เเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ , อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง การกำหนดค่าตัวแปรเป็นดังนี้

3.2.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่

1. เเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ (%) โดยเติมมอลโตเด็กซ์ทริน แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ
 - 1.1 เเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ (%) เท่ากับ 0 %
 - 1.2 เเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ (%) เท่ากับ 5 %
 - 1.3 เเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ (%) เท่ากับ 10 %
2. อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (°C)
 - 2.1 อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง เท่ากับ 110 °C
 - 2.2 อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง เท่ากับ 120 °C
 - 2.3 อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง เท่ากับ 130 °C
3. เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง (วินาที)
 - 3.1 เวลา เท่ากับ 34.5 วินาที
 - 3.2 เวลา เท่ากับ 46.5 วินาที
 - 3.3 เวลา เท่ากับ 58.5 วินาที

3.2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่

1. การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น
2. การหาเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้ (% Yield)
3. การหาความหนาแน่น (Bulk Density)
4. การหาความสามารถในการละลายน้ำ (WSI)
5. การหาความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAI)
6. การหาค่าสี

3.2.3 ตัวแปรควบคุม (Control Variables) ได้แก่

1. ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง
2. ระยะเวลาในการแช่ลูกสำรอง
3. อัตราการป้อน

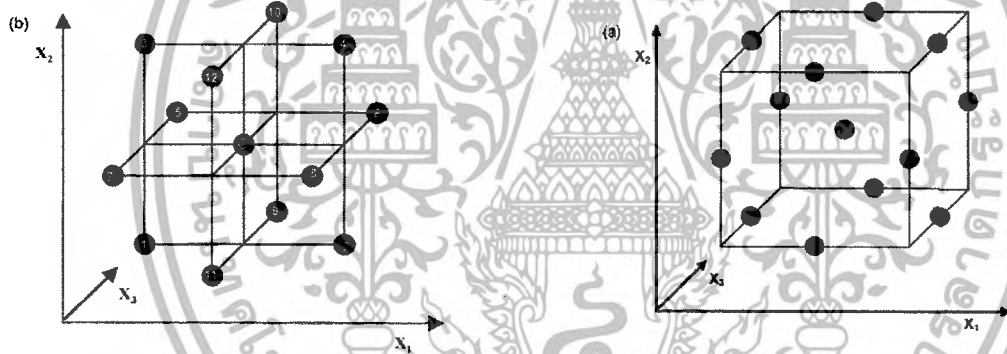
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แผนการทดลอง

ค่าตัวแปรอิสระ (Variables)	สัญลักษณ์	ระดับ		
		-1	0	1
เปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ (%)	X_1	0	5	10
อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง ($^{\circ}\text{C}$)	X_2	110	120	130
เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง (second)	X_3	34.5	46.5	58.5

3.3 การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ Box-Behnken Design (BBD) ประกอบด้วย 3 ตัวแปร แบ่งระดับตัวแปรแต่ละตัวเป็น 3 ระดับ ประกอบด้วย 15 การทดลองที่สภาวะต่างๆ กัน ดังรูปที่ 3.1 และตารางที่ 3.2 – 3.3



รูปที่ 3.1 (a) the cube for BBD and three interlocking 22 factorial design (b)
ที่มา: (Ferreira et.al., 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แผนการทดลองแบบ Box-Behnken Design

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แผนการออกแบบการทดลอง

ตัวอย่างที่	ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทริน (%)	อุณหภูมิที่ผิวลูกกิ้ง (°C)	ระยะเวลาในการทำแห้ง (Sec)
1	0	110	46.5
2	0	130	46.5
3	10	110	46.5
4	10	130	46.5
5	0	120	58.5
6	0	120	34.5
7	10	120	58.5
8	10	120	34.5
9	5	110	58.5
10	5	110	34.5
11	5	130	58.5
12	5	130	34.5
13	5	120	46.5
14	5	120	46.5
15	5	120	46.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

เตรียมผลสำรองแห้งที่ใช้ ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิห้อง มาผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1: 5 ซึ่งในการทดลองนำผลสำรองแห้งมา 300 กรัม มาแช่น้ำ 15 ลิตร ในกะละมังสแตนเลสเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง

เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด นำเนื้อสำรองที่ได้ไปกรองโดยใช้ผ้าตาข่ายกรอง เพื่อทำการแยกเปลือกและเมล็ดออก จากนั้นนำเนื้อสำรองที่มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 0 % มาผสมกับมอลโตเด็กซ์ทรินเพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ 3 ระดับตามตารางการทดลอง ได้แก่ 0 %, 5 % และ 10 % จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก รอกกรอบแห้งต่อไป

3.4.2 การเตรียมเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่ (Double Drum Dryer)

ทำการเตรียมเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่ ดังนี้

1. คลายชุดใบมีดที่ติดอยู่กับผิวลูกกลิ้ง
2. เปิดสวิทซ์หมุนลูกกลิ้งเครื่องอบแห้ง ปรับความเร็วรอบให้ได้ระยะเวลาในการอบแห้ง 3 ระดับตามที่ต้องการ คือ 34.5 วินาที, 46.5 วินาที และ 58.5 วินาที ตามตารางการเตรียมตัวอย่าง
3. ค่อยๆเปิดวาล์วไอน้ำเพื่อให้ความร้อนกับผิวลูกกลิ้งทั้งสอง (เปิดไอน้ำขณะที่ลูกกลิ้งยังหมุน)
4. เปิดท่อน้ำทิ้งคอนเดนเสท เพื่อไล่น้ำที่ค้างอยู่ภายในเครื่อง จนกระทั่งเริ่มมีไอน้ำออก จึงค่อยปิดวาล์วคอนเดนเสท
5. บันทึกค่าของความดันไอน้ำที่ใช้
6. เมื่อลูกกลิ้งร้อนอย่างสม่ำเสมอจึงปิดวาล์วไอน้ำ และเปิดวาล์วคอนเดนเสท เพื่อลดความดันในลูกกลิ้ง
7. ปิดสวิทซ์การหมุนของลูกกลิ้ง เพื่อปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งให้สม่ำเสมอโดยใช้แผ่นเหล็กวัดระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง (Feeler Gauge)
8. ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 2.65 มิลลิเมตร เริ่มการทำงานของเครื่องต่อไป เปิดสวิทซ์การหมุนและวาล์วไอน้ำเพื่อให้ได้อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับตามที่ต้องการ คือ

110°C, 120°C และ 130 °C ตามตารางการเตรียมตัวอย่าง

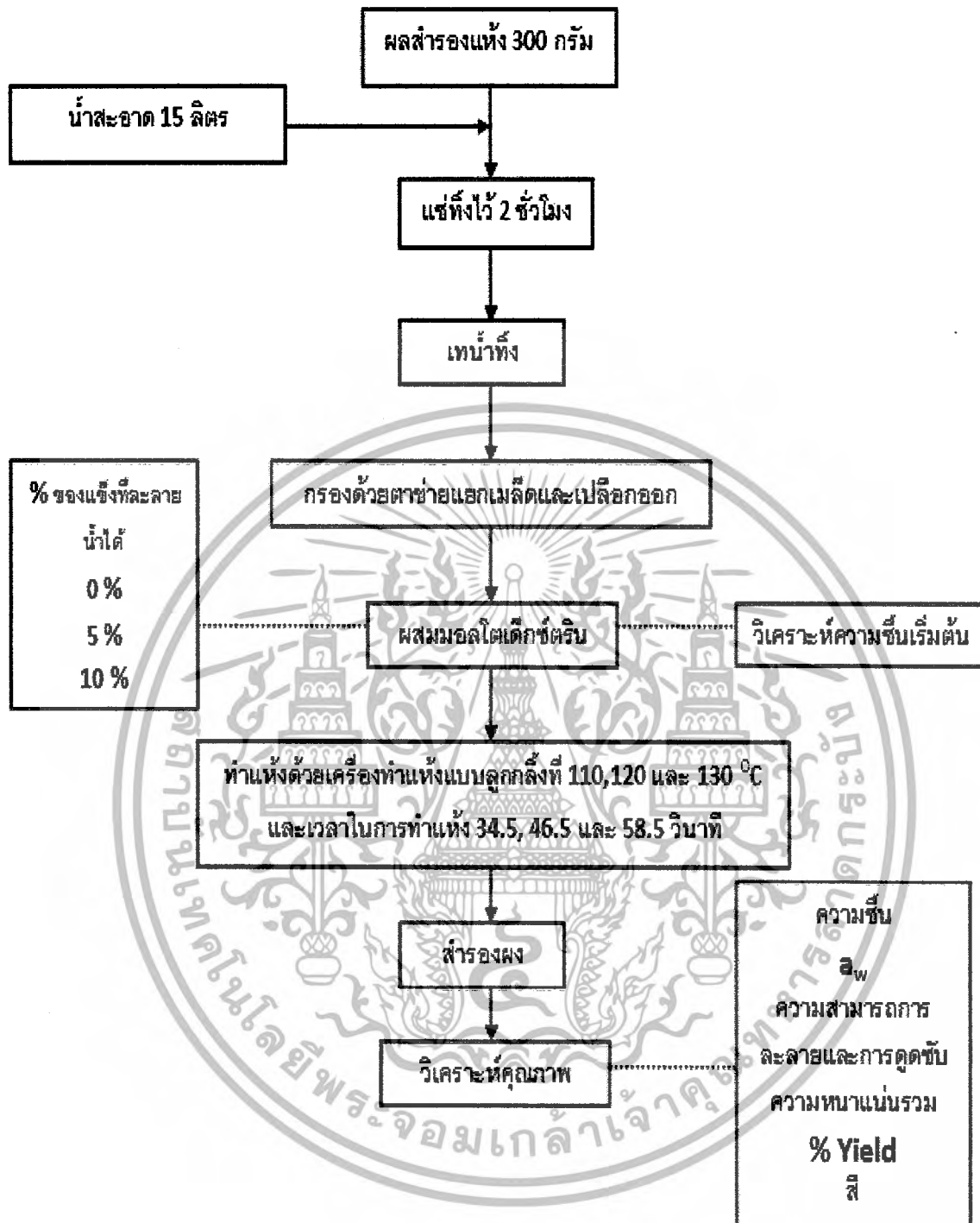
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การทำแห้ง

การทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่

1. เมื่อทำการเตรียมเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่ (Double Drum Dryer) เสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการป้อนวัตถุดิบเนื้อสารจากขั้นตอนที่ 1 ลงสู่เครื่อง
2. บันทึกอุณหภูมิที่ผิวลูกกลิ้ง ทุกๆ 10 นาที เพื่อควบคุมอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งให้คงที่
3. เมื่อทำการทำแห้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว เก็บตัวอย่างที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก แล้วเก็บเข้าถุงพลาสติก จากนั้นปิดปากถุงให้สนิทโดยใช้เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ เพื่อรอนำไปสู่กระบวนการวิเคราะห์ต่อไป แผนผังขั้นตอนการทดลองแสดงในรูปที่ 3.2





รูปที่ 3.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

3.5.1 การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น (AOAC, 1990)

มีขั้นตอนการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ดังนี้

1. อบด้วยอะลูมิเนียม พร้อมฝาที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. ปิดฝาล้าง นำมาใส่ในโถตุคความชื้น ปิดฝาโถทันที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที
3. ชั่งน้ำหนักถ้วยพร้อมฝาโดยเอาออกที่ละใบ และต้องปิดฝาโถทุกครั้งที่เราถ้วยออก
4. ใส่ตัวอย่างผงและชั่งน้ำหนัก 3-5 กรัม บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้พร้อมถ้วยและฝา
5. นำตัวอย่างไปเข้าตู้อบ โดยใช้อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส โดยวางฝาไว้ด้านข้างถ้วย จากนั้นอบเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
6. เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำตัวอย่างออกจากตู้อบ โดยปิดฝาล้างให้สนิททุกใบ ใส่ในโถตุคความชื้น ปิดฝาโถให้สนิท ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที
7. ชั่งน้ำหนักถ้วยพร้อมฝาและตัวอย่างแห้ง บันทึกค่าน้ำหนักที่ได้
8. นำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น (ฐานเปียก) ดังสมการ

$$\% \text{ ความชื้นมาตรฐานเปียก} = \left(\frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \right) \times 100$$

3.5.2 เปอร์เซนต์น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (% Yield)

ในการทดลองจะวัดปริมาณสารองผงที่ผลิตได้ คือ อัตราส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดในผลิตภัณฑ์แห้งต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดในวัตถุดิบที่ป้อน (อนุณีภา, 2549)

$$\text{เปอร์เซนต์ผลผลิตที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ผงที่ผลิตได้}}{\text{น้ำหนักแห้งของเนื้อสารองที่ป้อน}} \times 100$$

* น้ำหนักแห้งของเนื้อสารองที่ป้อน = [(100-ความชื้นเนื้อสารอง)/100] X น้ำหนักของวัตถุดิบเริ่มต้น]

3.5.3 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

ใช้เครื่องวิเคราะห์ค่า a_w ยี่ห้อ Aqualab Series 3TE โดย a_w เป็นอัตราส่วนระหว่างความดันไอในสารละลายหรืออาหาร(P) และความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ (P_o) ที่อุณหภูมิเดียวกัน ดังนั้นที่สภาวะสมดุล a_w จะสัมพันธ์กับความชื้นสมดุล (Equilibrium Relative Humidity : ERH) ของสิ่งแวดล้อม ดังสมการ

$$a_w = \frac{P}{P_o}$$

$$\text{ความชื้นสมดุล (ERH)} = a_w \times 100$$

มีขั้นตอนดังนี้

1. เปิดเครื่องวิเคราะห์ค่า a_w ที่ไว้ 30 นาที ก่อนการวัดค่า
2. ทำการสอบเทียบมาตรฐานโดยใช้น้ำกลั่น ทำการวัดค่า a_w ให้มีค่าใกล้เคียง 1 มากที่สุด
3. นำตัวอย่างที่ต้องการวัดใส่ลงในถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่างวัดค่า a_w โดยใส่ไม่เกินครึ่งหนึ่งของถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่าง และใส่ให้เต็มพื้นที่ล่างของถ้วย
4. ทำการวัดค่า a_w อ่านค่าที่ได้ แล้วบันทึกผล

3.5.4 การหาค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density)

นำสารรองผงใส่ลงในภาชนะบรรจุที่ทราบปริมาตรและมวลที่แน่นอนจนเต็ม โดยบรรจุแบบไม่อัดแน่น แล้วนำมาคำนวณหาความหนาแน่นจากสมการ (ธีรนุต,2537)

$$\text{ความหนาแน่นรวม} = \frac{\text{น้ำหนักสารรองผงซึ่งพร้อมภาชนะ} - \text{น้ำหนักภาชนะ}}{\text{ปริมาตรภาชนะ}}$$

3.5.5 การวัดค่าสี

วัดค่าสี โดยใช้เครื่อง Tri-Stimulus Colori-meter ทำการวัดค่าสีในระบบ Hunter (L,a,b) โดย ค่า L (lightness) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสว่าง โดยยิ่ง L ที่ได้มีค่าเข้าใกล้ 0 มากเท่าไรสีก็จะมีความมืดมากเท่านั้น ค่า a เป็นค่าแสดงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว โดย a เป็นบวก แสดงความเป็นสีแดง a เป็นลบ แสดงความเป็นสีเขียว ค่า b เป็นค่าแสดงความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน โดย b เป็นบวก แสดงความเป็นสีเหลือง b เป็นลบ แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องวัดค่าสีทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที
2. ทำการสอบเทียบมาตรฐานก่อนการวัดทุกครั้ง ด้วยแผ่นตั้งค่ามาตรฐาน โดยวางแผ่นดังกล่าวบนที่วางตัวอย่างของเครื่องวัดสี จากนั้นทำการสอบเทียบมาตรฐานเทียบค่าที่อ่านได้กับค่าที่เป็นมาตรฐาน ให้มีค่าใกล้เคียงกันตามต้องการ
3. เมื่อทำการสอบเทียบมาตรฐานเรียบร้อยแล้ว ทำการวัดค่าสี โดยนำตัวอย่างใส่ลงในถ้วยแก้วใส ทำการวัดตัวอย่างครั้งละ 3 ซ้ำ
4. อ่านค่าที่ได้แล้วบันทึกผลค่า Lab ที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์
5. ทำการสอบเทียบมาตรฐานใหม่หลังจากวัดตัวอย่างไปแล้ว 10 ครั้ง

3.5.6 ความสามารถในการดูดซับน้ำ (WAI) และความสามารถในการละลายน้ำ (WSI)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Anderson, 1969)

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักประมาณ 0.5 กรัมใส่ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาณ 30 มิลลิลิตร
2. ทำการคนอย่างสม่ำเสมอให้ตัวอย่างละลายเข้ากันเป็นเวลา 1 นาที
3. จากนั้นนำหลอดทดลองใส่ในเครื่อง Centrifuge โดยทำการตั้งค่าเครื่องที่ความเร็วรอบ 4000 rpm เป็นเวลา 13 นาที
4. ปิดเครื่อง แยกส่วนใสที่ได้ลงในจานระเหยที่ทราบน้ำหนักและทำการชั่งน้ำหนัก ส่วนตะกอนที่ก้นหลอดให้นำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่า WAI จากสมการ

$$WAI (g/g) = \frac{\text{น้ำหนักตะกอน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้งเริ่มต้น}}$$

5. ระเหยส่วนใสบนเครื่อง Hot Plate จนแห้งแล้วจึงนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 C จนน้ำหนักคงที่
6. นำจานระเหยออกมาวางไว้ในโถดูดความชื้นให้เย็นเป็นเวลา 20 นาที แล้วนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาค่า WSI

$$WSI(\%) = \frac{\text{น้ำหนักของแข็งที่ละลายในส่วนใส}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้งเริ่มต้น}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ผลการทดลองใช้วิธี Response Surface Methodology (RSM) เลือกใช้รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบพหุนามอันดับที่ 2 ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษากับคุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์ที่ได้ รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถแสดงได้ดังนี้

$$Y_i = a_0X_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_{11}X_1^2 + a_{12}X_2^2 + a_{33}X_3^2 + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3 \quad (3-1)$$

เมื่อ Y_i = ตัวแปรตาม ได้แก่ เบอร์เซ็นต์ผลผลิตสำรองผง, ความชื้นของสำรองผง, ความหนาแน่นรวม, สี, ความสามารถในการดูดซับและละลายน้ำ

X_i = ตัวแปรอิสระ ได้แก่ เบอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ (X_1), อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (X_2) และ ระยะเวลาในการทำแห้ง (X_3)

a_{ij} = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร โดยที่ $ij = 0,1,2,3$

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ข้อมูลจำเพาะในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง

จากการทดลอง ในการทำแห้งสารองผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่ ข้อมูลจำเพาะที่ใช้ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดของเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่ใช้ในการทดลอง

รายละเอียดตัวพารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้
อุณหภูมิอากาศ (T_a)	30 C
อุณหภูมิเริ่มต้นของอาหารเหลว(T_p)	27 C
ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง(t_d)	0.65 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของลูกกลิ้ง(d)	0.28 (m)
พื้นที่ที่อาหารสัมผัสลูกกลิ้ง(x)	$\frac{3}{4}$ ของพื้นที่ผิวลูกกลิ้ง
ระยะทางที่อาหารสัมผัสลูกกลิ้ง(L)	0.66(m)
ความยาวลูกกลิ้ง(w)	0.46 (m)
พื้นที่ผิวลูกกลิ้งที่สัมผัสอาหาร(A)	0.306 x 2 (m^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ตารางแสดงผลการทดลอง

การทดลองผลของการทำแห้งสารแบบใช้ลูกกลิ้งหมุนคู่ เนื้อสารเริ่มต้นมีปริมาณความชื้น 94.72 % ให้ผลการทดลองตามค่าตัวแปรต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์สารผง

การทดลองที่	% Yield	ความชื้น (% Wb)	WSI	WAI	ความหนาแน่นรวม(g/ml)	ค่าสี		
						L	a	b
1	68.077	7.4303	8.6544	40.587	0.2701	27.15	6.48	6.99
2	84.8101	6.8584	10.2072	38.2558	0.2172	28.16	6.77	7.55
3	82.0865	4.1499	47.966	15.4525	0.3145	43.48	8.26	13.27
4	87.1978	2.8989	50.7191	13.2595	0.2856	46.49	8.02	13.66
5	70.0046	9.0188	9.47591	43.0941	0.2473	30.16	6.77	8.17
6	80.2282	7.1639	7.56877	38.5941	0.1932	31.16	6.55	8.42
7	82.4496	3.0415	47.5248	15.3543	0.276	42.46	8	13.25
8	71.5	3.3921	43.6249	15.5451	0.2563	42.41	8	13.03
9	73.7747	2.9664	25.8085	24.8524	0.4028	35.73	7.55	11.33
10	83.6345	3.4742	31.6946	24.5882	0.3137	36.5	7.61	11.05
11	81.964	2.5192	31.7169	24.3564	0.3118	40.52	7.66	12.33
12	85.2437	2.779	33.6961	23.7175	0.2884	37.16	7.71	11.51
13	68.8134	2.7173	34.3001	24.9914	0.3433	36.85	7.69	11.58
14	71.1238	2.391	37.2608	24.0516	0.3305	36.76	7.62	11.53
15	80.1984	2.3213	33.9646	23.9833	0.3233	36.75	7.74	11.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อนำผลการทดลองที่ได้ ไปสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษากับคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ด้วยวิธี Multiple Regression ในรูปแบบ 2nd Order polynomial วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม MAT LAB

$$Y_i = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_{11}X_1^2 + a_{22}X_2^2 + a_{33}X_3^2 + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3$$

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์แบบถดถอย

สัมประสิทธิ์	%ความชื้น	%Yield	ความหนาแน่นรวม	การละลาย (WSI)	การดูดซับ (WAI)	Color		
						ค่า L	ค่า a	ค่า b
a 0	26.0000	1106.6438	1.3179	-157.8925	-31.5876	108.9508	3.8111	-19.017
a 1	-70.5364	215.1951	2.6634	463.5724	-296.0010	33.1479	62.4694	98.4500
a 2	-0.2103	-16.5120	-0.0274	2.2739	1.3526	-0.8858	0.0145	0.4984
a 3	-0.2596	-2.9668	0.0293	1.1511	-0.3597	-1.3322	0.0371	-0.2217
a 11	1115.4469	122.9296	-29.3103	-1893.795	1262.9843	-279.6667	-121.6111	-421.50
a 22	0.0007	0.0690	0.0001	-0.0105	-0.0061	0.0023	0.0000	-0.0022
a 33	0.0027	0.0061	-0.0001	-0.0236	0.0045	0.0032	-0.0004	0.0009
a 12	-0.3396	-5.7262	0.0120	0.6001	0.0691	1.0000	-0.2633	-0.0850
a 13	-0.9190	11.2946	-0.0143	0.8303	-1.9546	0.4375	-0.0944	0.1944
a 23	0.0005	0.0137	-0.0001	0.0081	0.0008	0.0086	0.0000	0.0011
R²	0.9771	0.8625	0.9843	0.9886	0.9975	0.9626	0.9914	0.9831
Standard Error	0.5621	4.5810	0.0109	2.6705	0.8228	1.8579	0.0889	0.4774
Significance f	0.0014	0.0913	0.0006	0.0002	0.0000	0.0046	0.0001	0.0007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ปริมาณผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (% Yield)

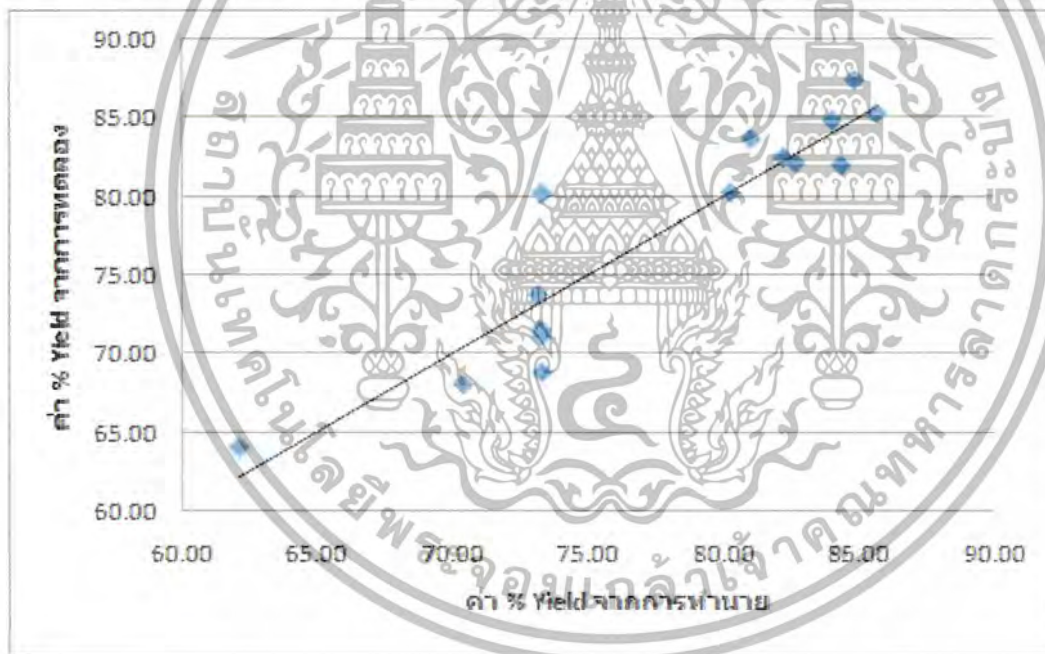
ปริมาณผลิตภัณฑ์สารรองผงที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง 68.07 – 87.19 %

ผลการทดลองที่ได้นำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่าง ปริมาณผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (Y, %) กับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (X_1 ,%) , ระยะเวลาในการทำแห้ง (X_2 ,Sec), และ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (X_3 , $^{\circ}$ C) สามารถแสดง ได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (\% Yield)} = 1106.644 + 215.1951X_1 - 16.512X_2 - 2.9668X_3 + 122.9296X_1^2 + 0.0689X_2^2 + 0.0060X_3^2 - 5.7261X_1X_2 + 11.2945X_1X_3 + 0.0137X_2X_3 \dots(4-1)$$

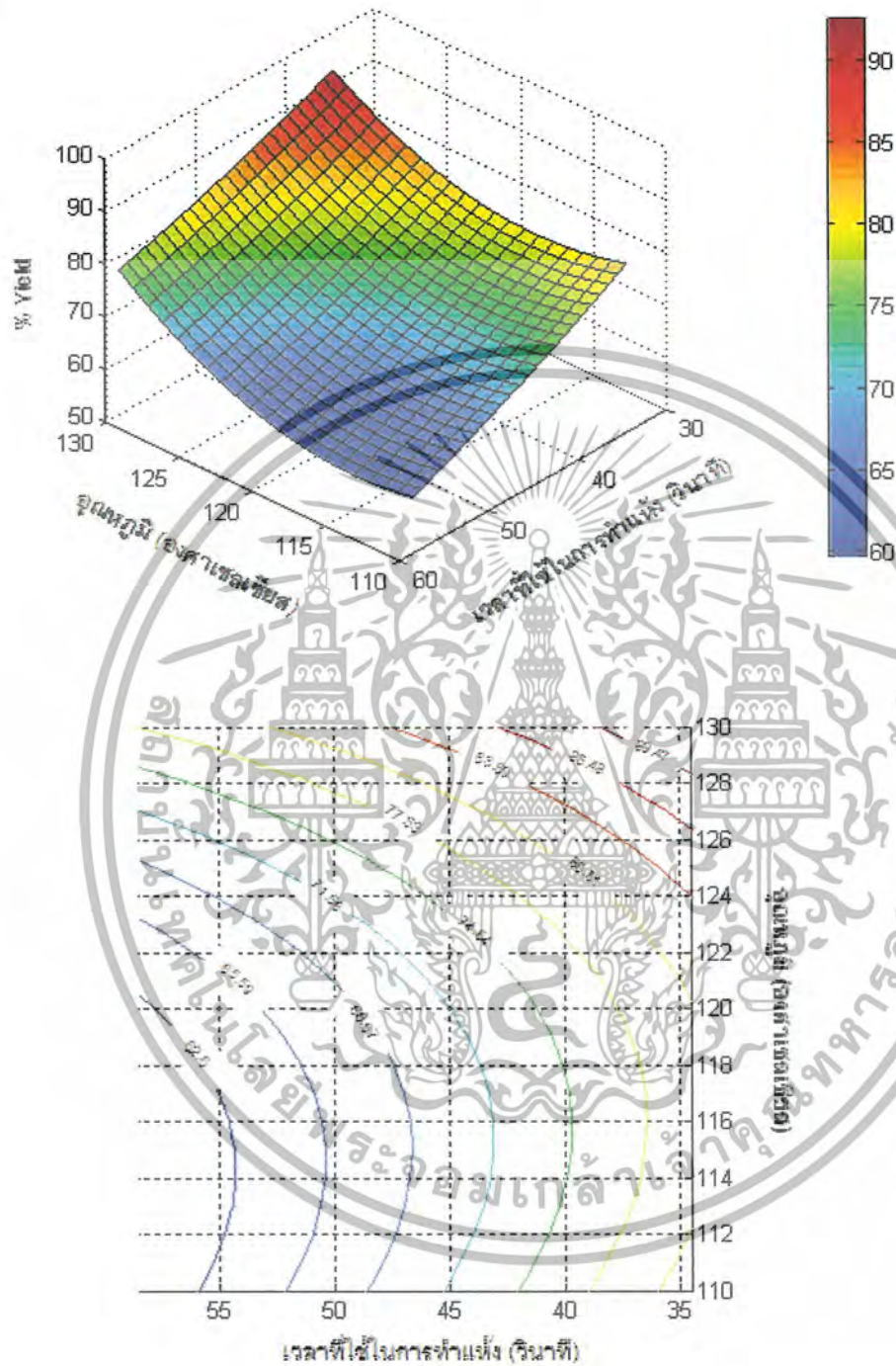
$$R^2 = 0.7866249 \quad \text{Standard Error} = 5.190422$$

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากสมการ (4-1) แสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ผงสารรองที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-1)

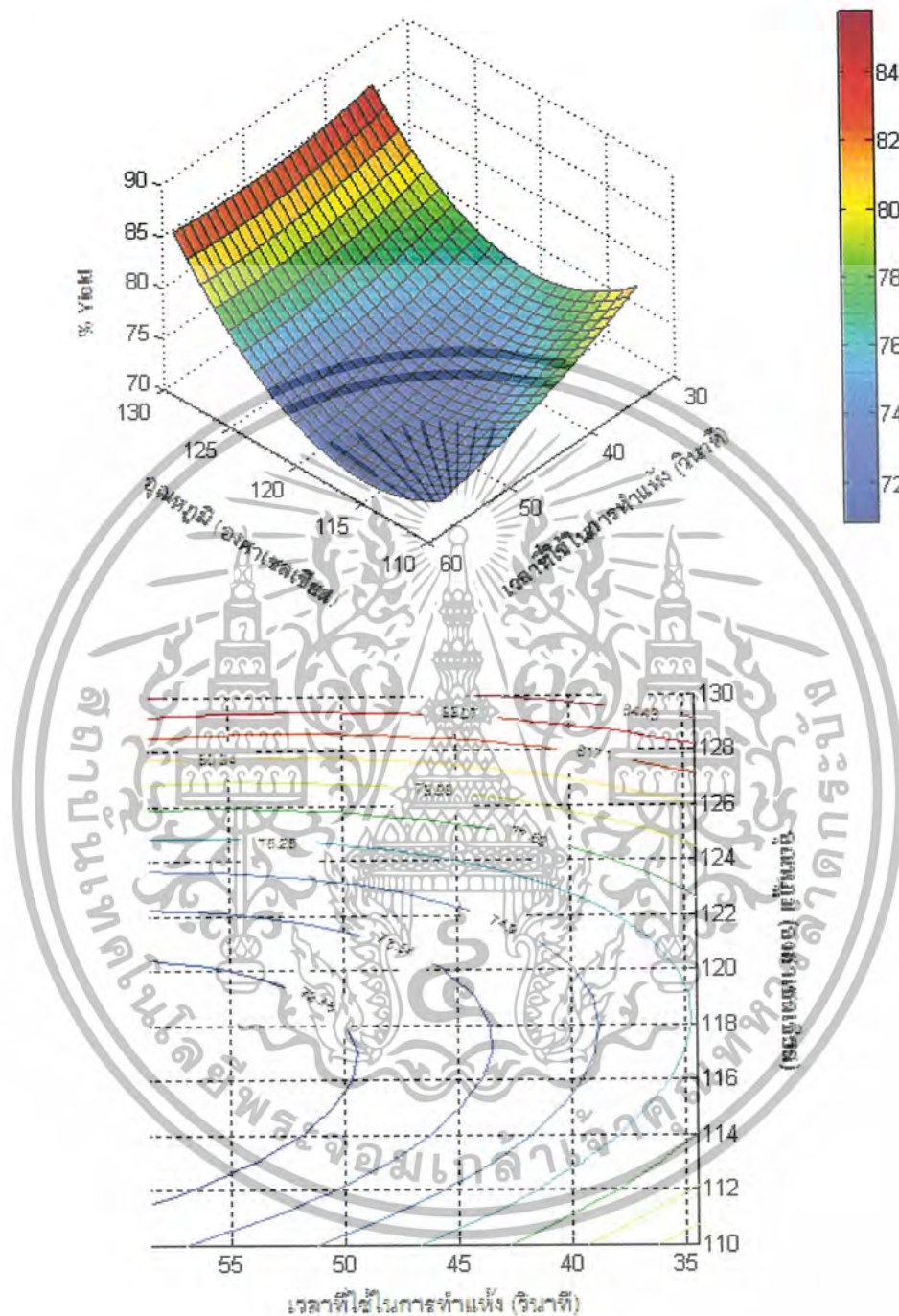
กำหนดค่า X_1 คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้
 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 0 %



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าปริมาณผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้ (%) ของสารองผง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้น้ำได้ 0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

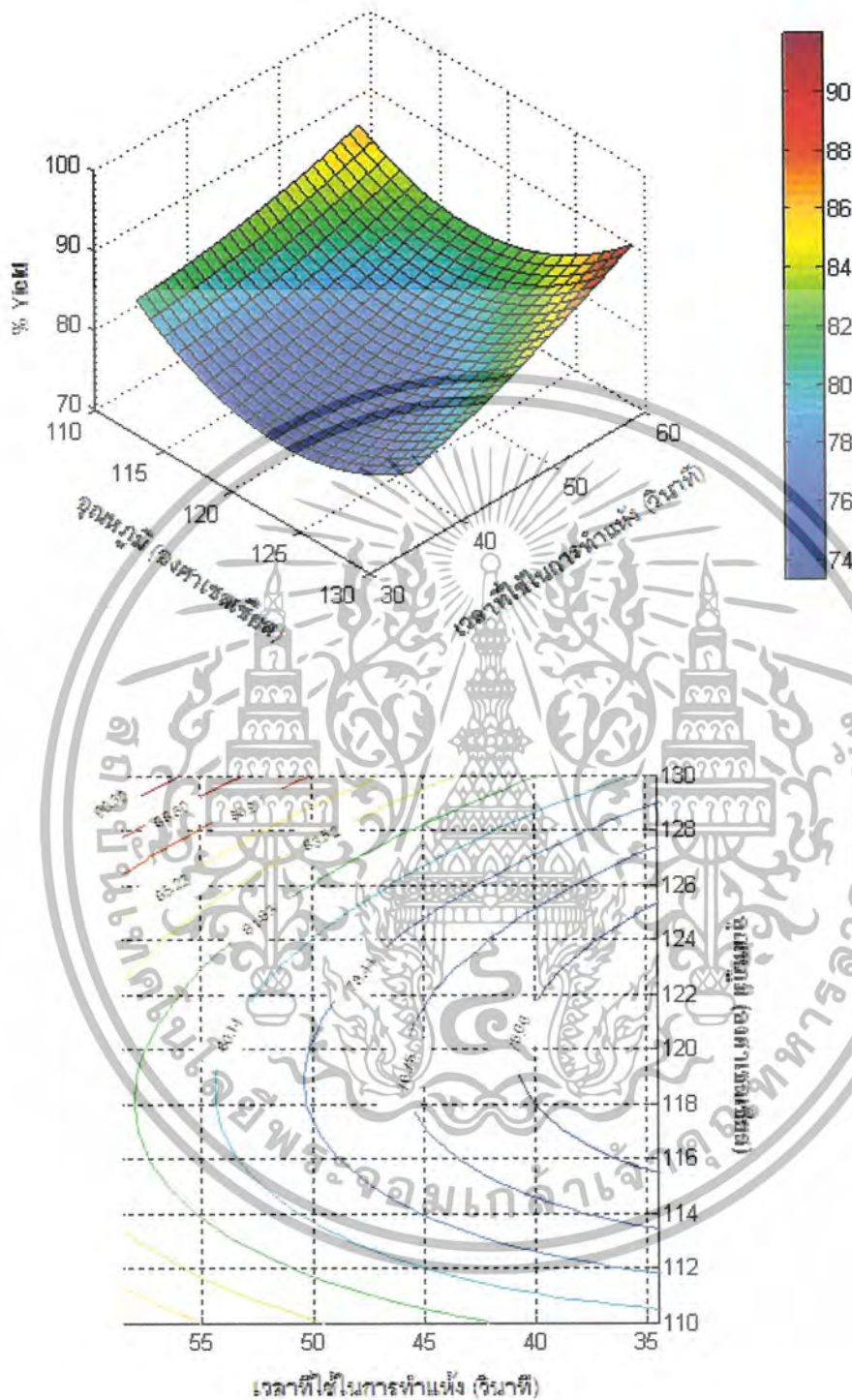
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 5 %



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าปริมาณผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (%) ของสารองผง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 10 %



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าปริมาณผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (%) ของสารองผง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 10 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำผลที่ได้จากสมการ (4-1) มาพล็อตกราฟแสดงได้ในรูปที่ 4.2, 4.3 และ 4.4 จากกราฟจะพบว่า การเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้และอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้มีค่าสูงขึ้น เนื่องจากมอดโตเด็กซ์ตรินมีส่วนในการเพิ่มปริมาณของแข็งในเนื้อสารอง จึงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้มีค่าสูงขึ้น แต่การเพิ่มระยะเวลาในการทำแห้ง จะทำให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้ มีค่าลดลง เนื่องจาก เนื้อสารองมีการสูญเสียน้ำมากขึ้น ส่งผลให้ ผลึกภัณฑ์ผงที่ได้มีน้ำหนักเบา เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้จึงมีค่าน้อย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ปริมาณความชื้น (% wb)

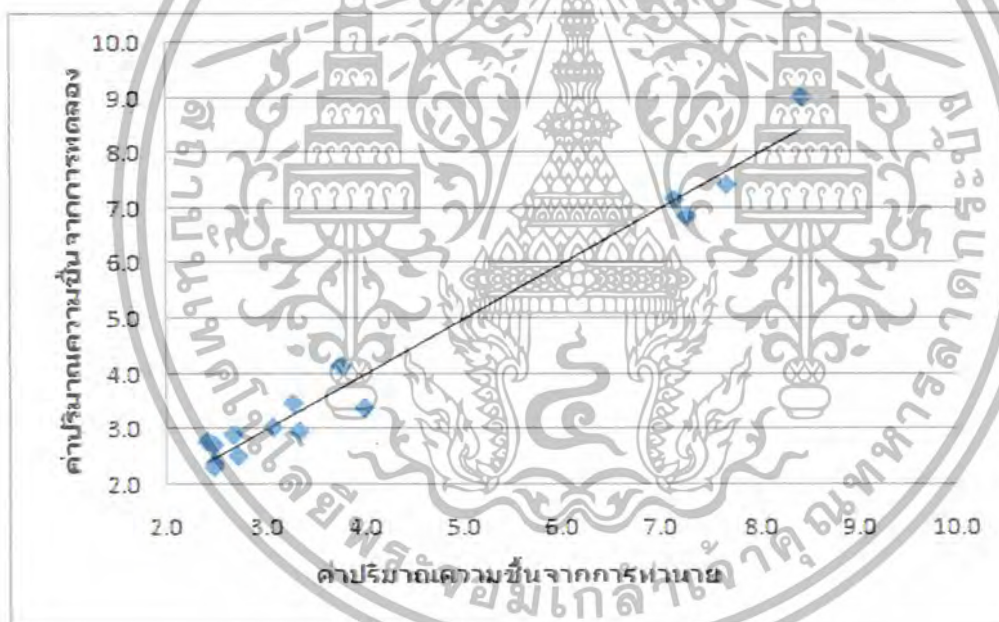
ผลิตภัณฑ์สำรองผงที่ได้มีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 2.32 – 7.43 %

ผลการทดลองที่ได้นำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่าง ค่าความชื้น (wb,%) กับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (X_1 ,%) , ระยะเวลาในการทำแห้ง (X_2 ,Sec), และ อุณหภูมิผิว ลูกกลิ้ง (X_3 ,°C) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (\% wb)} = 25.9999 - 70.5363X_1 - 0.2102X_2 - 0.2595X_3 + 1115.446942X_1^2 + 0.000692X_2^2 + 0.0027X_3^2 - 0.33956X_1X_2 - 0.91898X_1X_3 + 0.000516X_2X_3 \dots\dots\dots(4-2)$$

$$R^2 = 0.977137472 \quad \text{Standard Error} = 0.56206$$

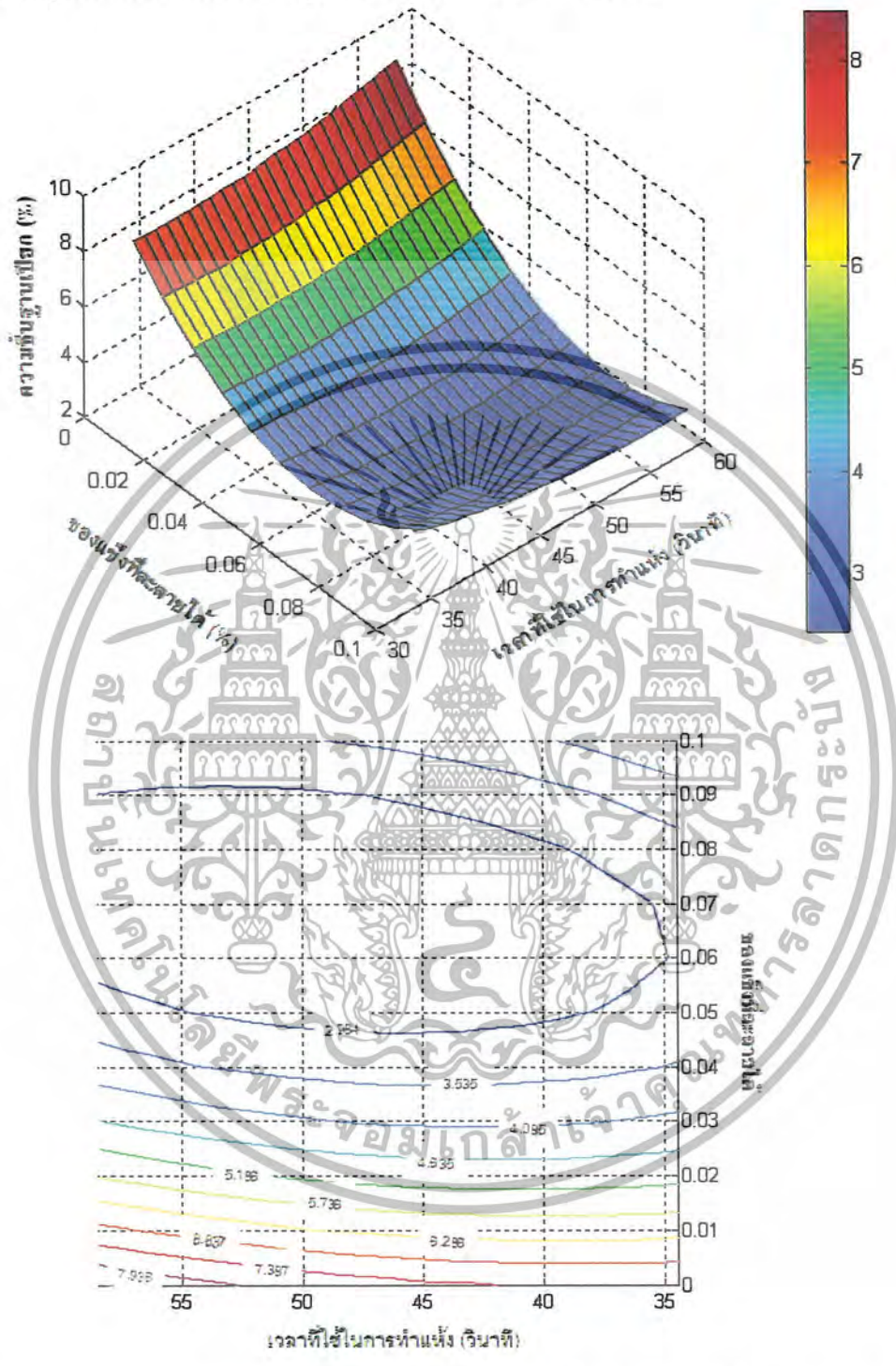
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากสมการ (4-2) แสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์สำรองผงที่ได้จากการทดลอง และค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

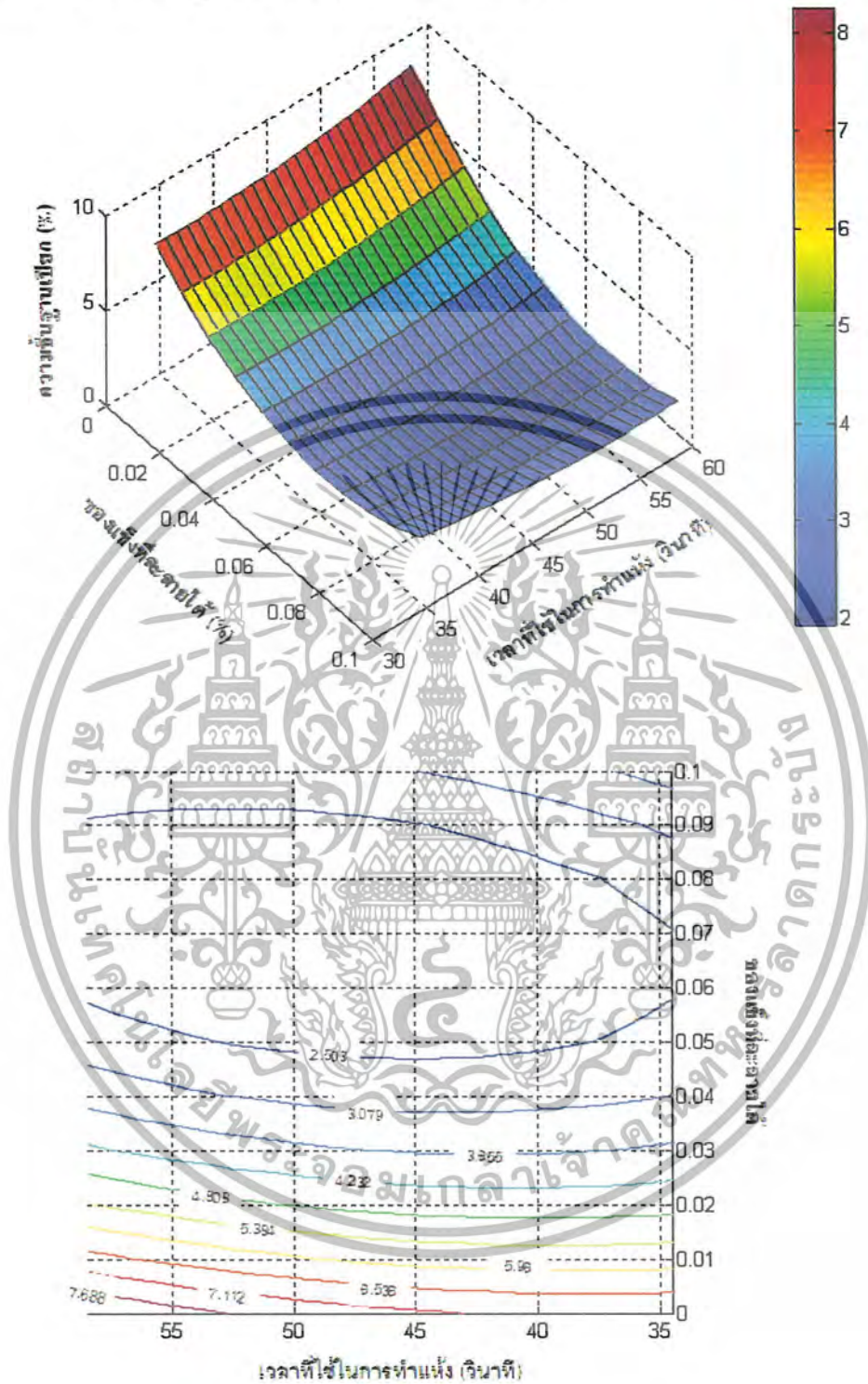
กำหนดค่า X_3 คือ อุณหภูมิในการทำแห้งของผิวลูกกลิ้ง
 อุณหภูมิในการทำแห้งของผิวลูกกลิ้ง เท่ากับ 110 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าปริมาณความชื้นของสารองผล ที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง 110 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

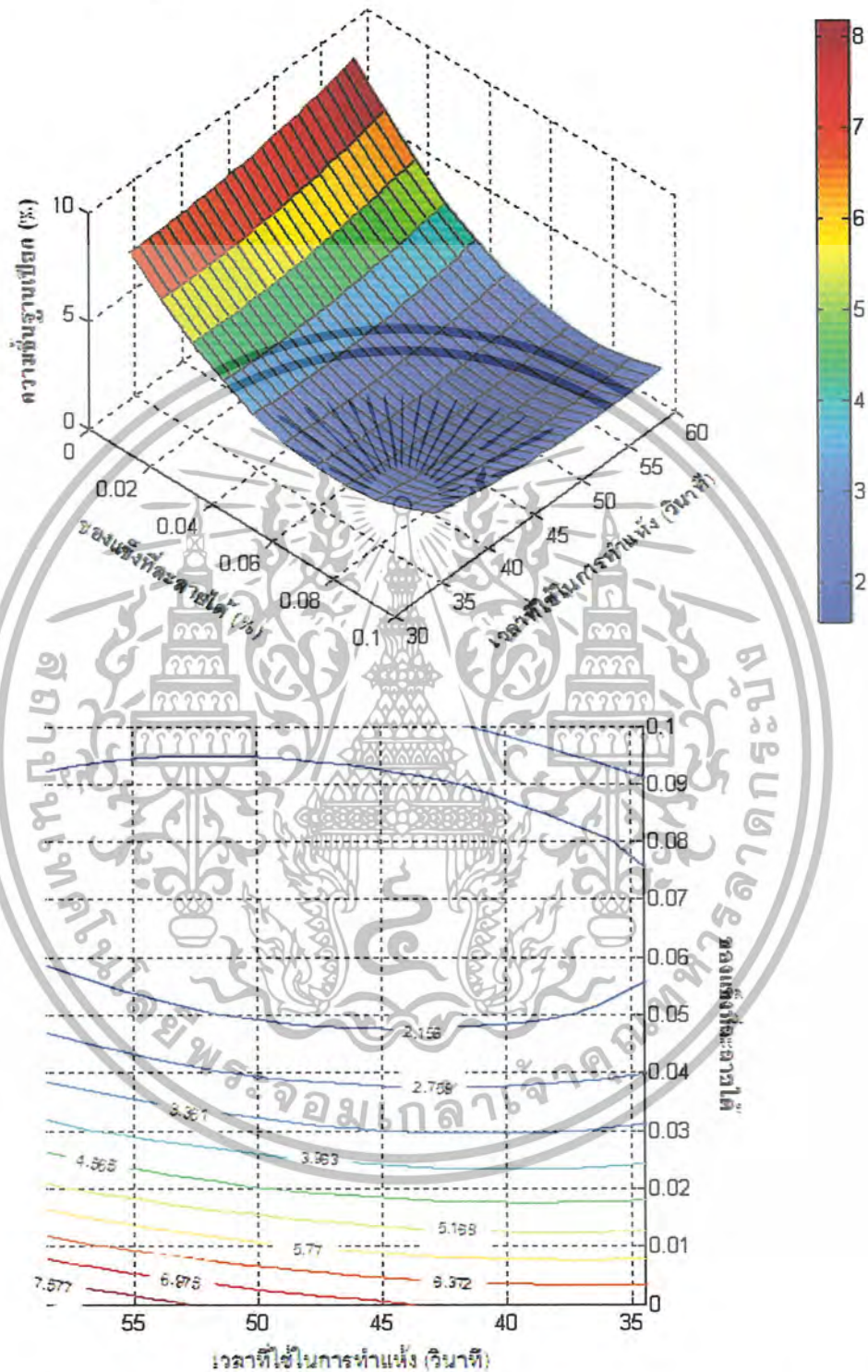
อุณหภูมิในการทำแห้งของพืพลูกกอล์ฟ เท่ากับ 120 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าปริมาณความชื้นของสารองพวง ที่อุณหภูมิพืพลูกกอล์ฟที่ใช้ในการทำแห้ง 120 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิในการทำแห้งของพืพลูกกลิ้ง เท่ากับ 130 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าปริมาณความชื้นของสารองพ ที่อุณหภูมิพืพลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง 130 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำผลที่ได้จากสมการ(4-2) มาพล็อตกราฟดังแสดงได้ในรูปที่ 4.6,4.7 และ 4.8 จากกราฟจะพบว่า การเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้และอุณหภูมิผิวลูกกิ้งมีผลให้ค่าความชื้นลดลง เนื่องจากปริมาณของแข็งที่มากขึ้น มีผลทำให้ปริมาณน้ำในเนื้อสารองที่ถูกระเหยมีค่าน้อยลง รวมทั้งการเพิ่มอุณหภูมิจะส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงแห้งเร็ว และมีค่าความชื้นลดลง สำหรับระยะเวลาในการทำแห้งไม่ได้ส่งผลกระทบอย่างชัดเจนต่อค่าความชื้นแต่มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ความหนาแน่นรวม (Bulk density)

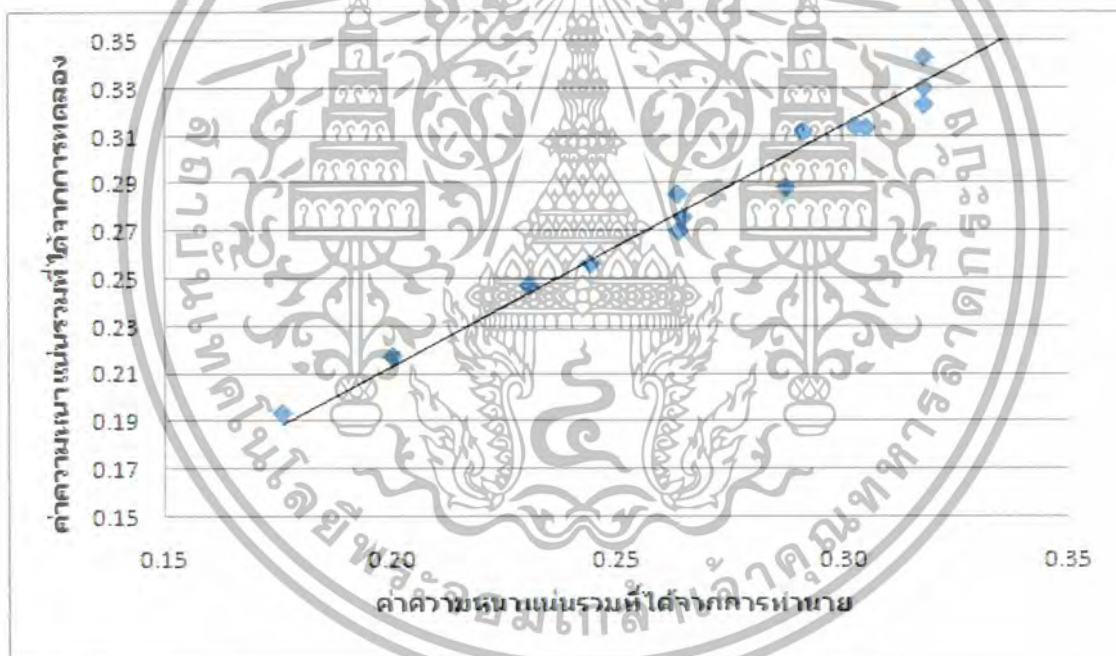
ผลิตภัณฑ์สารรองผงที่ได้มีค่าความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 0.1932 - 0.40288 g/ml

ผลการทดลองที่ได้นำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่าง ค่าความหนาแน่นรวม (g/ml) กับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (X_1 ,%) , ระยะเวลาในการทำแห้ง (X_2 ,Sec), และ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (X_3 ,°C) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความหนาแน่นรวม (g/ml)} = & 1.3179 + 2.6634X_1 - 0.0273X_2 + 0.029305X_3 - 29.3103X_1^2 \\ & + 0.0001X_2^2 - 0.00011X_3^2 + 0.0120X_1X_2 - 0.0142X_1X_3 - 0.00014X_2X_3 \dots \dots \dots (4-3) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0.98432 \quad \text{Standard Error} = 0.01094$$

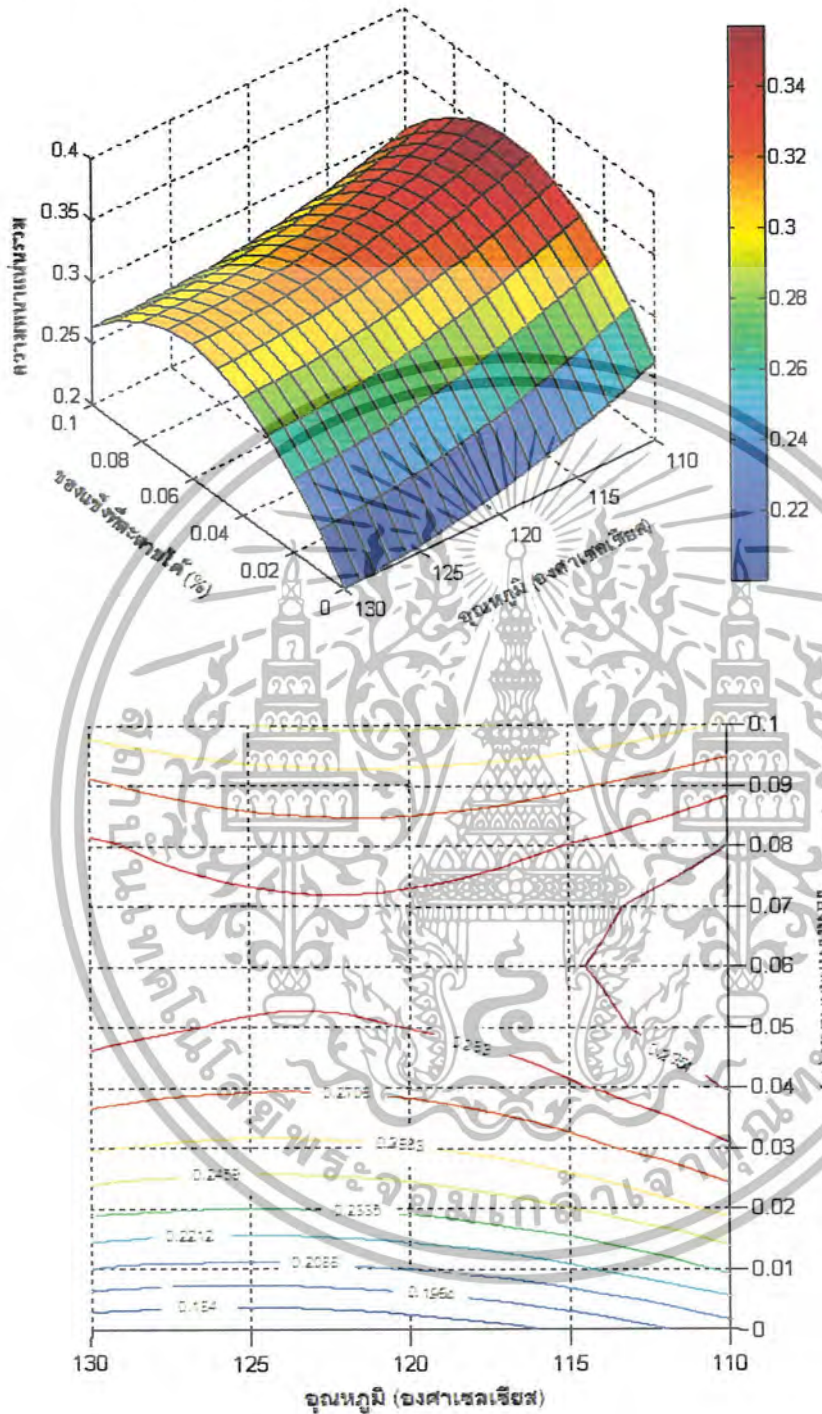
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากสมการ (4-3) แสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นรวมของผลิตภัณฑ์สารรองผงที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

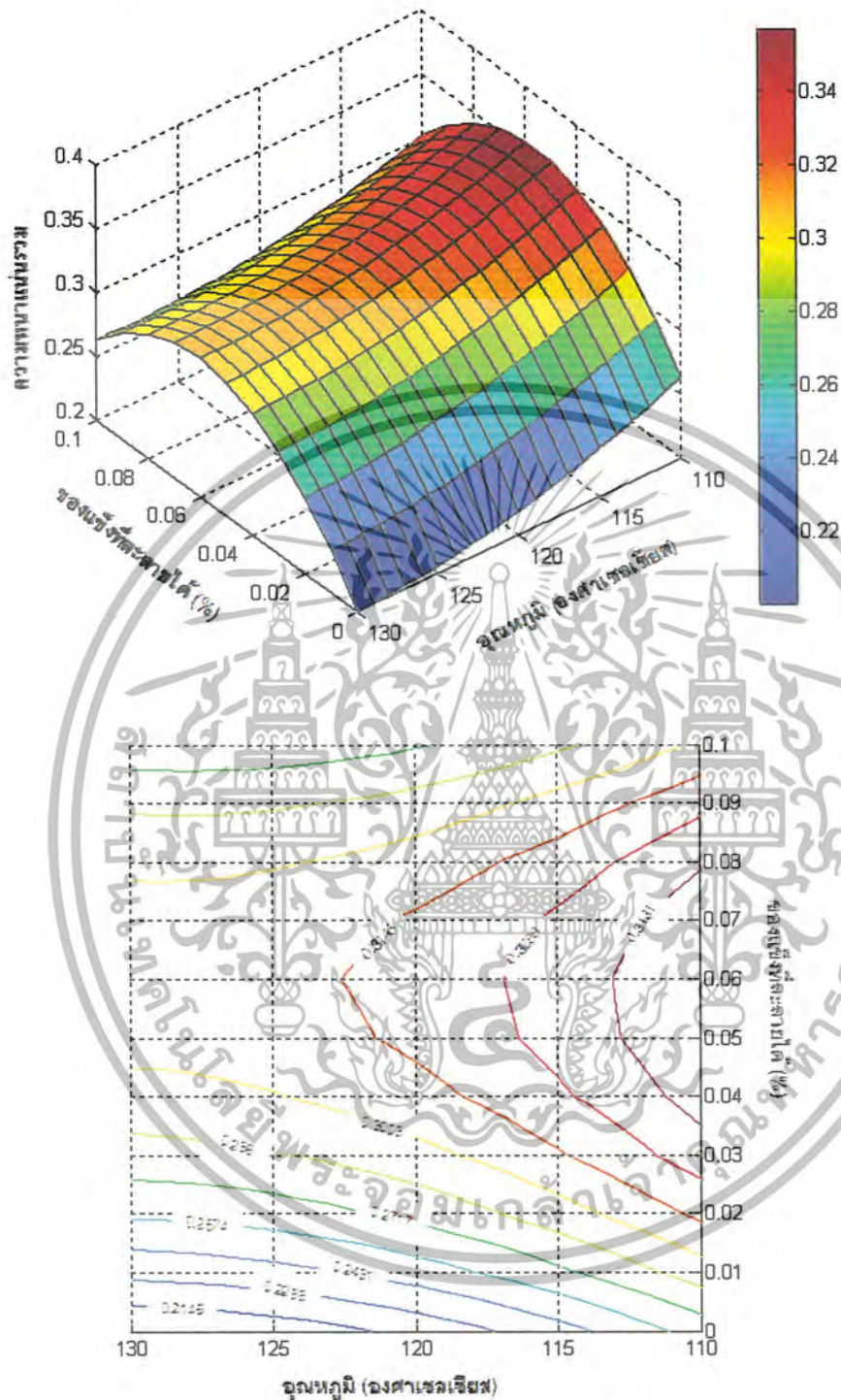
กำหนดค่า X_2 คือ ระยะเวลาในการทำแห้ง (วินาที)
ระยะเวลาในการทำแห้ง เท่ากับ 34.5 วินาที



รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ ที่มีผลต่อค่าความหนาแน่นรวมของผงสำรอง ระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 34.5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

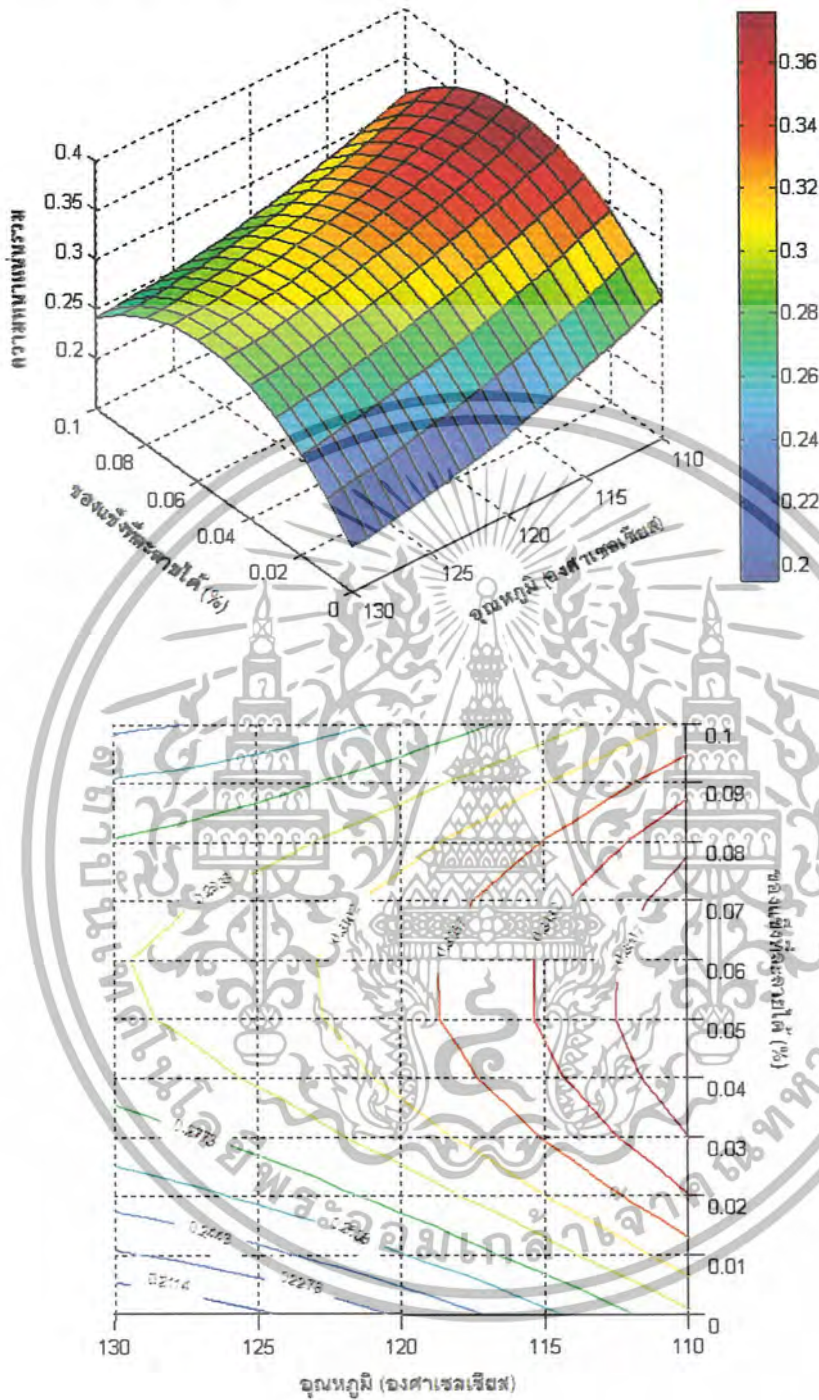
ระยะเวลาในการทำแห้ง เท่ากับ 46.5 วินาที



รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ ที่มีผลต่อค่าความหนาแน่นรวมของผงสำรอง ระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 46.5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาในการทำแห้ง เท่ากับ 58.5 วินาที



รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ ที่มีผลต่อค่าความหนาแน่นรวมของผงตำรอง ระยะเวลาในการทำแห้งเท่ากับ 58.5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำผลที่ได้จากสมการ(4-3) มาพล็อตกราฟดังแสดงได้ในรูปที่ 4.10,4.11 และ 4.12 จากกราฟจะพบว่า การลดอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งมีผลทำให้ค่าความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น เนื่องจากความชื้นของผลิตภัณฑ์ ถูกระเหยออกอย่างช้าๆ ปริมาตรมีการเปลี่ยนแปลง เป็นผลให้ค่าความหนาแน่นรวมมีค่าสูงขึ้น และการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ มีผลให้ค่าความหนาแน่นรวมมีค่าสูงขึ้น จนถึงระดับหนึ่ง หลังจากนั้นจะมีค่าลดลงเนื่องจาก ถ้ามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงเกินไปจะมีผลให้ขนาดอนุภาคของสารอิมัลชันมีขนาดเล็ก เบา และแห้ง เนื่องจากมอลโตเด็คซ์ทรินมีคุณสมบัติเป็นสารช่วยให้ผลิตภัณฑ์แห้งส่งผลให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง ดังนั้นค่าความหนาแน่นรวมจึงมีค่าลดลง สำหรับระยะเวลาในการทำแห้ง มีแนวโน้มทำให้ค่าความหนาแน่นรวมมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ความสามารถในการละลาย(Water Solubility Index,WSI)

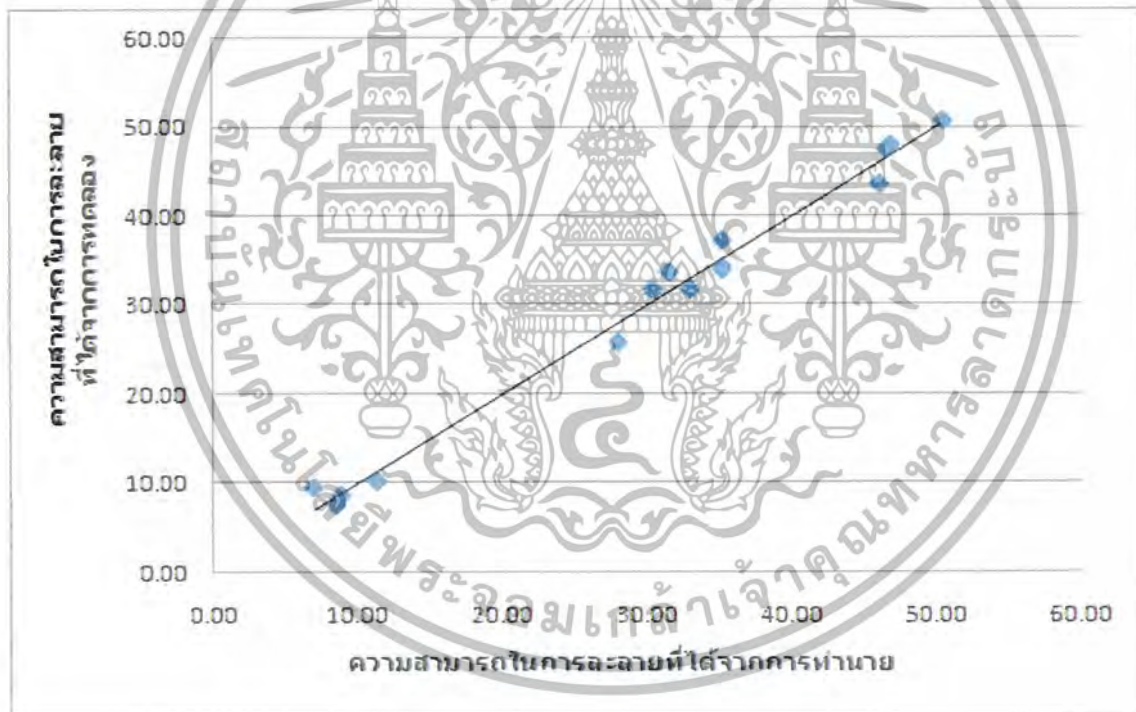
ผลิตภัณฑ์สารองผงที่ได้มีค่าความสามารถในการละลายอยู่ในช่วง 8.6544 - 50.7191 %

ผลการทดลองที่ได้นำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่าง ค่าความสามารถในการละลาย (%) กับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (X_1 ,%) , ระยะเวลาในการทำแห้ง (X_2 ,Sec), และ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (X_3 ,°C) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\text{ค่าความสามารถในการละลาย (\%)} = -157.8925 + 463.5723X_1 + 2.2738X_2 + 1.15105X_3 - 1893.7951X_1^2 - 0.01054X_2^2 - 0.0235X_3^2 + 0.6001X_1X_2 + 0.8303X_1X_3 + 0.008139X_2X_3 \dots\dots\dots(4-4)$$

$$R^2 = 0.98864154 \quad \text{Standard Error} = 2.6705$$

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากสมการ (4-4) แสดงในรูปที่ 4.13

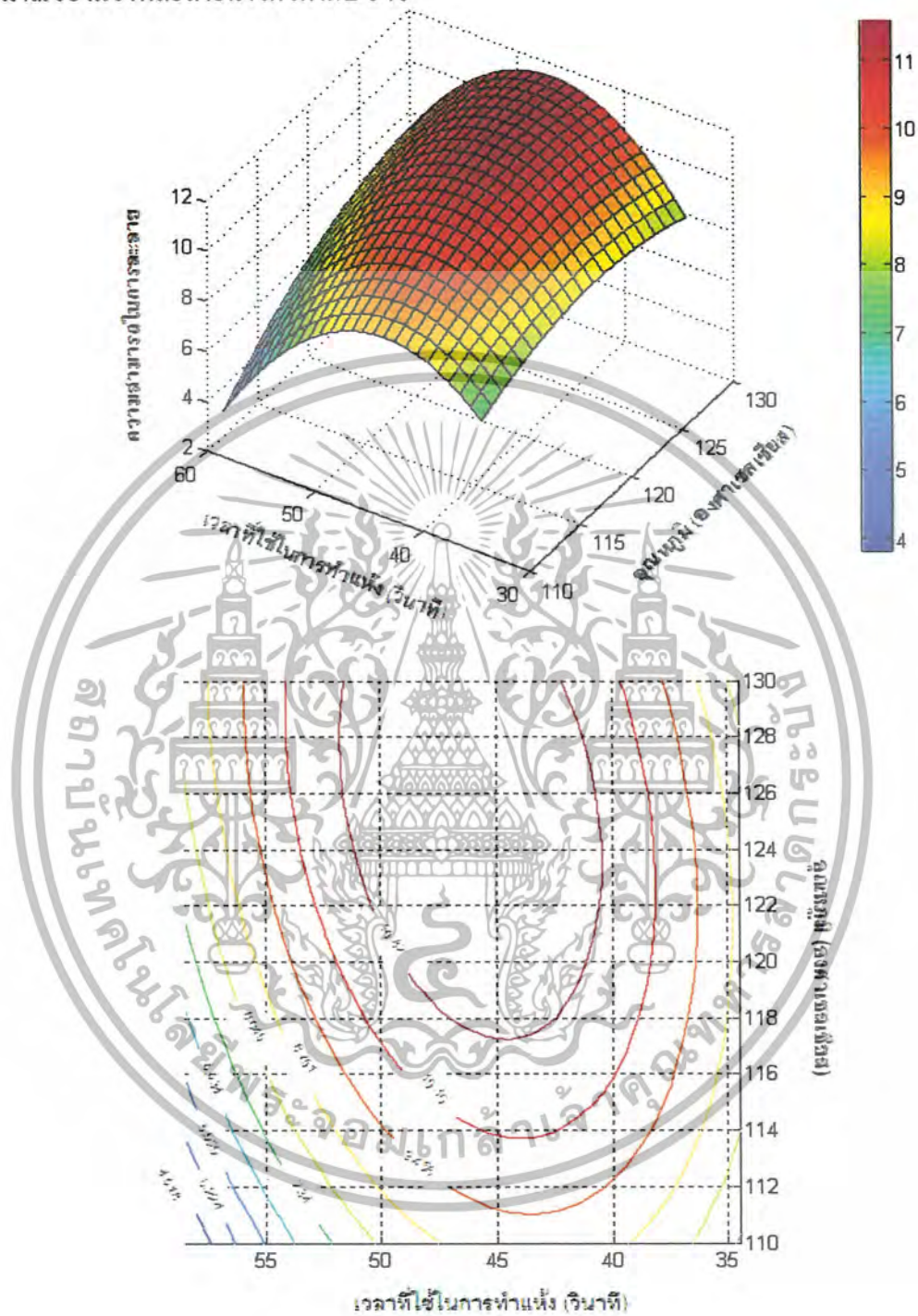


รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบค่าความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์สารองผงที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดค่า X_1 คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%)

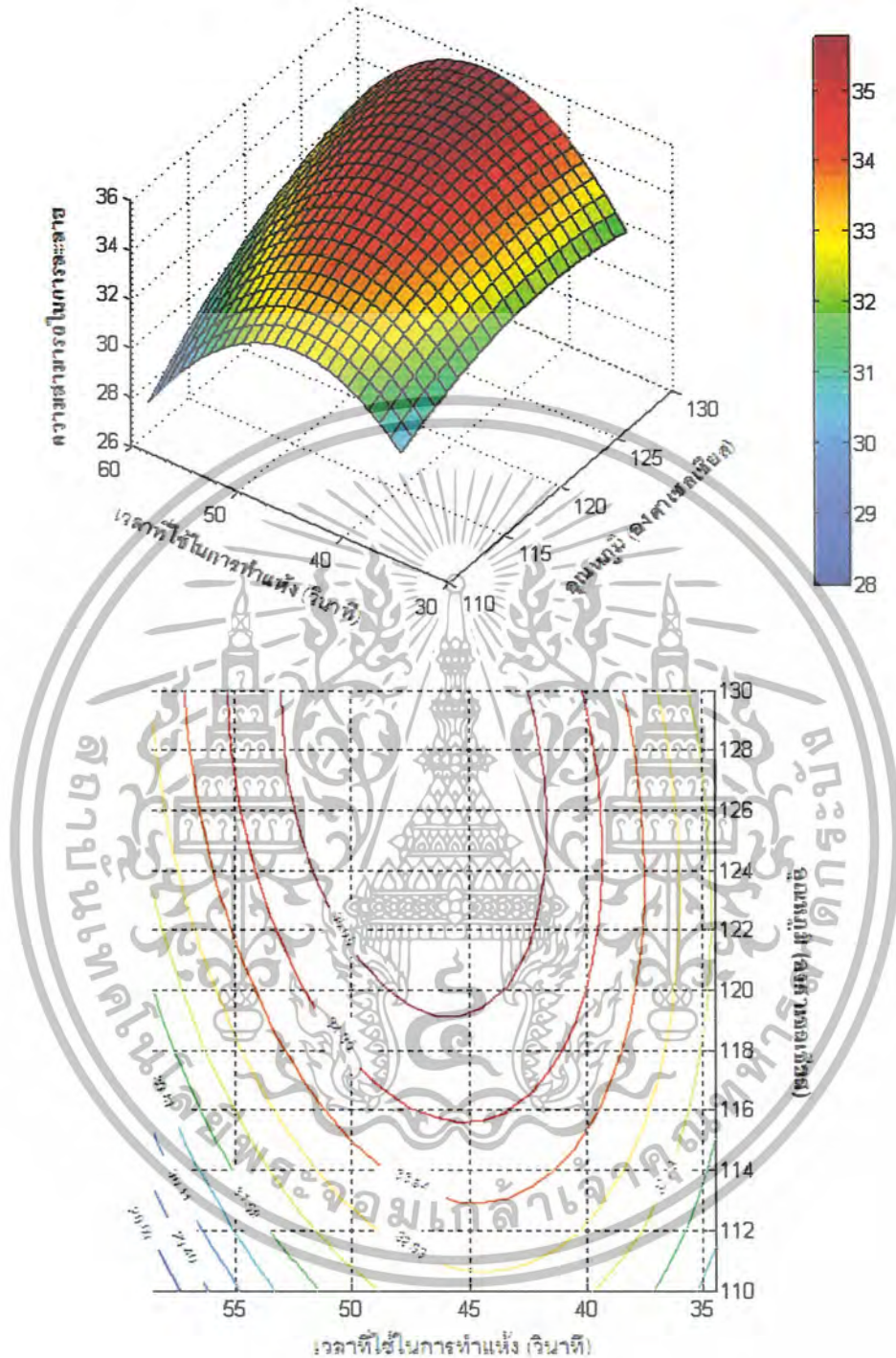
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 0 %



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกึ่งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการละลายของผงสำรอง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

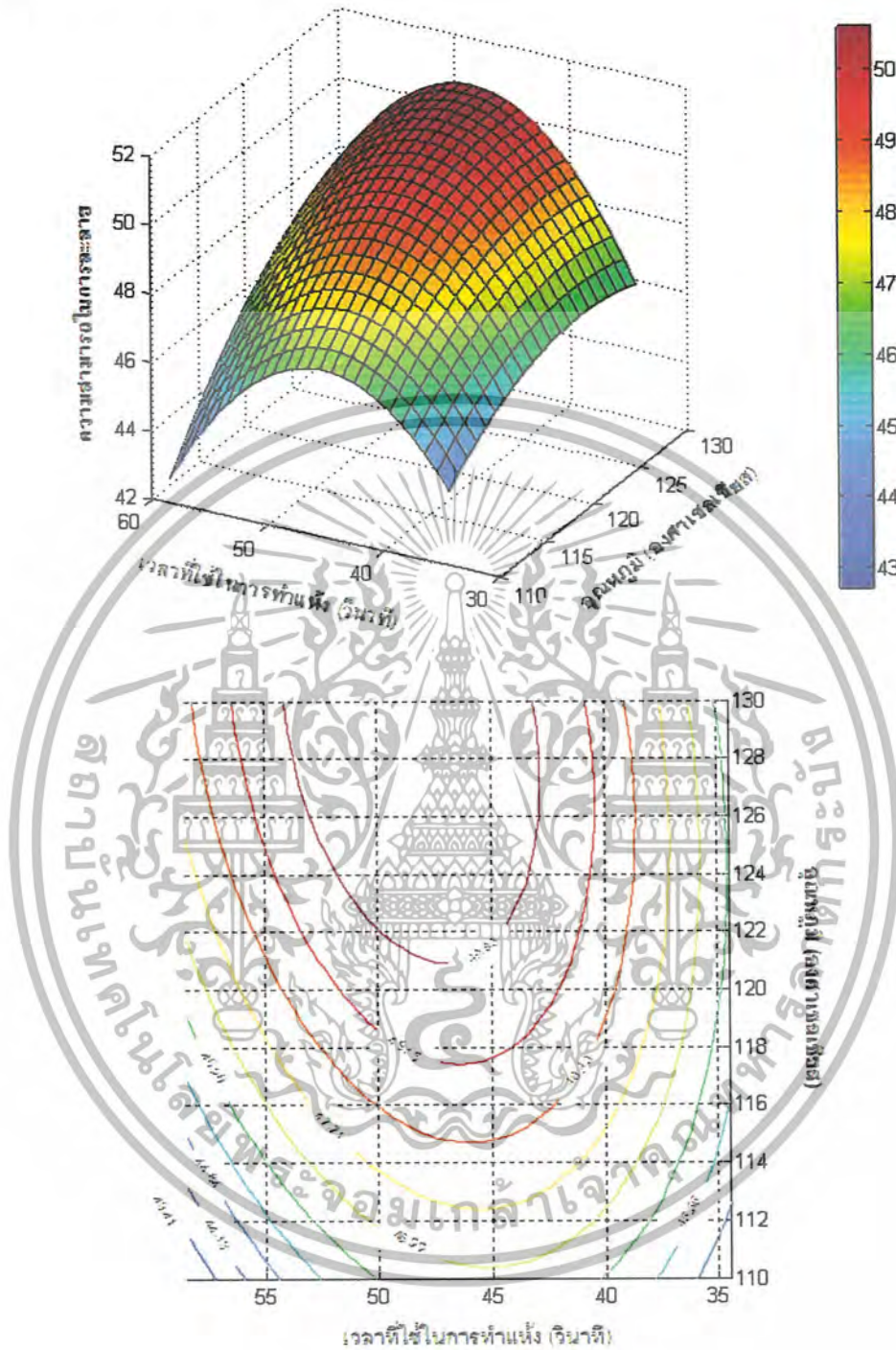
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 5 %



รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการละลายของผงสำรอง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 10 %



รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวตุกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการละลายของผงสำรอง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 10 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำผลที่ได้จากสมการ(4-4) มาพล็อตกราฟคังแสดงได้ในรูปที่ 4.14,4.15 และ 4.16 จากกราฟจะพบว่า การเพิ่มปริมาณของแข็งที่ละลายได้ มีผลทำให้ความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้นเนื่องจาก ปริมาณโมลโตเค็กซ์ตริน มีส่วนทำให้อุณหภูมิของสารละลายมีขนาดเล็กและมีผิวเรียบเนียนมากขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับน้ำเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งการเพิ่มระยะเวลาในการทำแห้ง มีผลทำให้ค่าความสามารถในการละลายน้ำมีค่าสูงขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง หลังจากนั้นจะมีค่าลดลง สำหรับการเพิ่มอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง ไม่ได้มีอิทธิพลที่ชัดเจนต่อค่าความสามารถในการละลายน้ำ แต่จะมีแนวโน้มทำให้ค่าความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 ความสามารถในการดูดซับ (Water Absorption Index, WAI)

ผลิตภัณฑ์สารรองผงที่ได้มีค่าความสามารถในการดูดซับ อยู่ในช่วง 13.2595 - 43.0941 g/g ผลการทดลองที่ได้นำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่าง ความสามารถในการดูดซับ (g/g) กับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (X₁,%) , ระยะเวลาในการทำแห้ง (X₂,Sec), และ อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง (X₃,°C) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\text{ความสามารถในการดูดซับ (g/g)} = -31.5875 - 296.0010X_1 + 1.35261X_2 - 0.35973X_3 + 1262.984X_1^2 - 0.00610X_2^2 + 0.00449X_3^2 + 0.06908X_1X_2 - 1.954X_1X_3 + 0.00078X_2X_3 \dots \dots \dots (4-5)$$

$$R^2 = 0.997454 \quad \text{Standard Error} = 0.82283$$

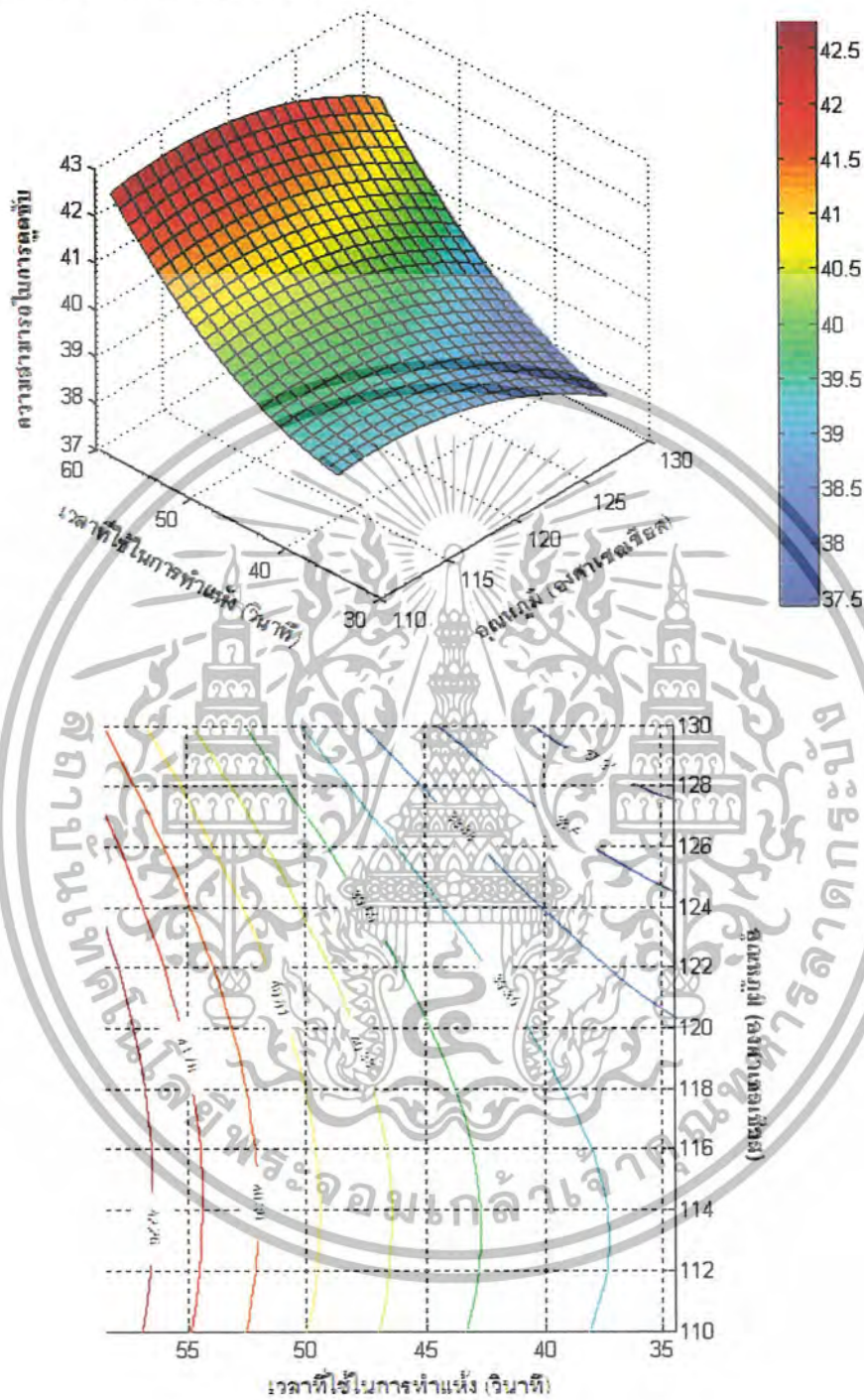
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากสมการ (4-5) แสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 การเปรียบเทียบค่าความสามารถในการดูดซับของผลิตภัณฑ์สารรองผงที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

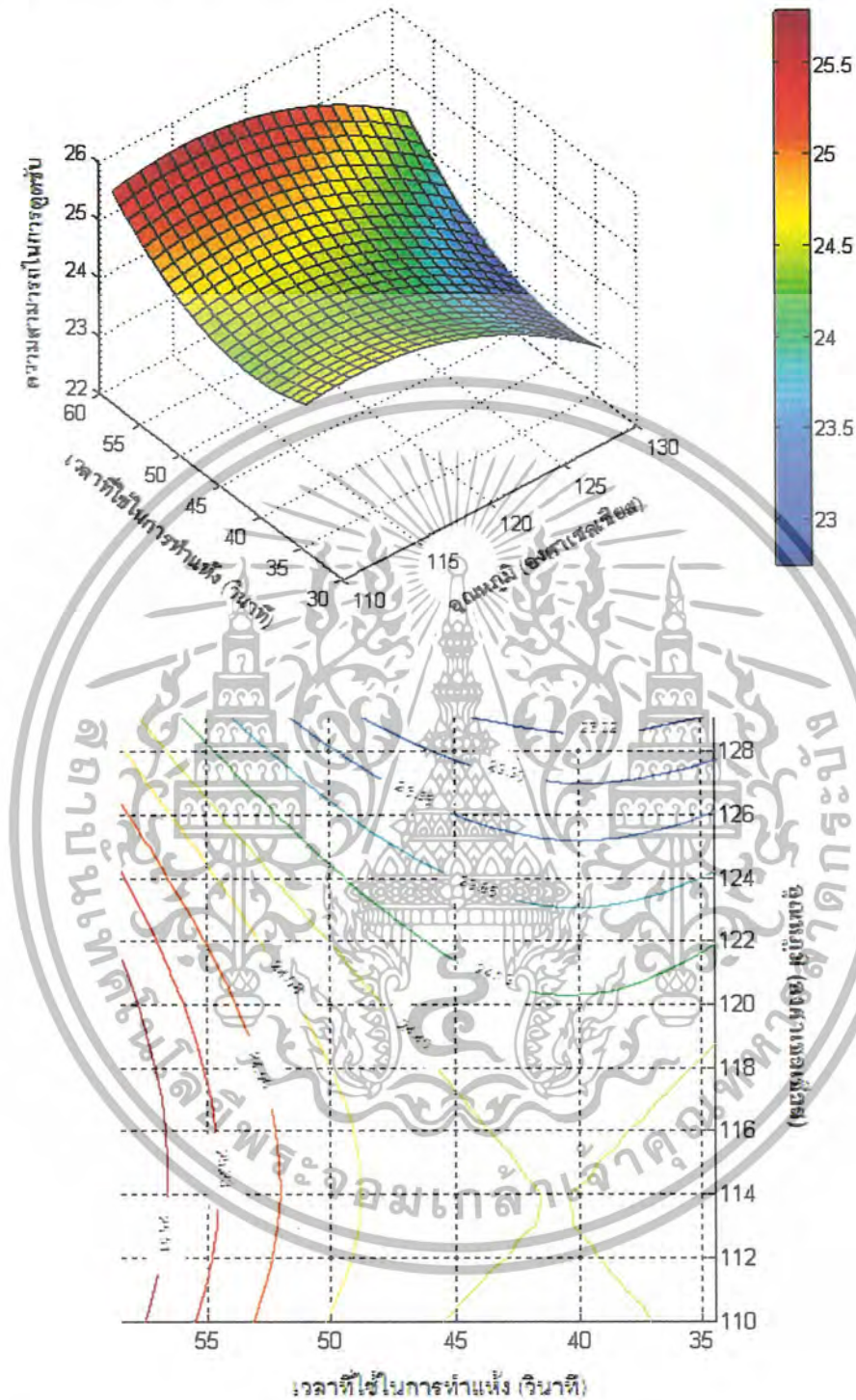
กำหนดค่า X_1 คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%)
 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 0 %



รูปที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกิ้งที่ใช้ในการทำให้แห้งและเวลาที่ใช้ในการทำให้แห้ง ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการละลายของผงสำรอง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

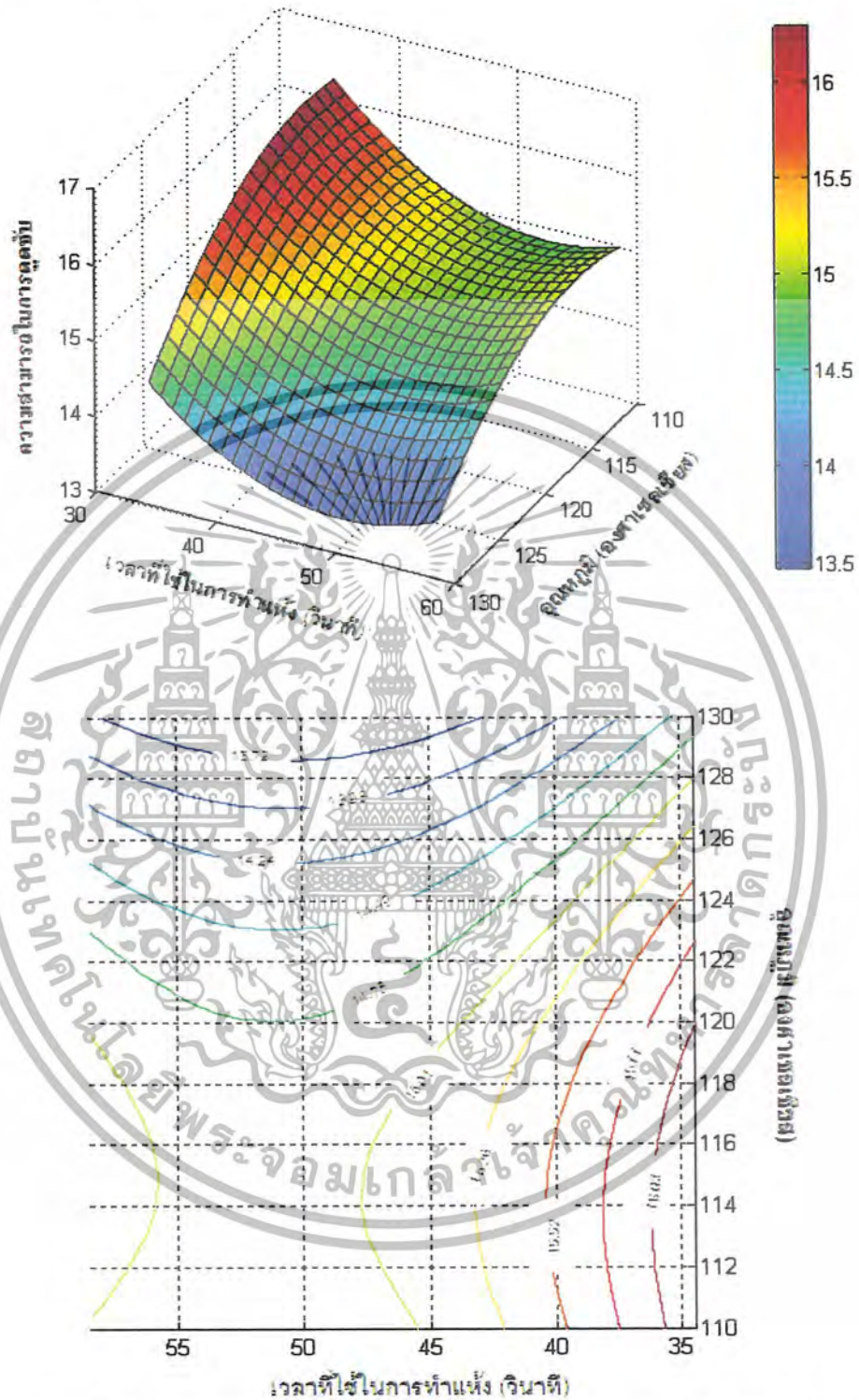
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 5 %



รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกึ่งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการดูดซับของผงสำรอง ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 10 %



รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้งและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการดูดซับของผงตำรอน ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 10 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำผลที่ได้จากสมการ(4-5) มาพล็อตกราฟคังแสดงได้ในรูปที่ 4.18,4.19 และ 4.20 จากกราฟจะพบว่า ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง 13.2595- 43.0941 g/g ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษากับความสามารถในการดูดซับน้ำ คังแสดงในรูปที่ 3.5 พบว่าเมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าน้อยลงและระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้น จะส่งผลทำให้ขนาดอนุภาคผงสารองมีขนาดใหญ่มากขึ้น และมีลักษณะผิวขรุขระ ทำให้น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปได้ดีส่งผลให้ความสามารถในการดูดซับน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น และพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งไม่ได้มีอิทธิพลที่ชัดเจนต่อความสามารถในการดูดซับน้ำ แต่มีแนวโน้มทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำมีค่าลดลง เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โครงสร้างภายในของเนื้อสารองจะถูกทำลาย ทำให้การดูดน้ำกลับเข้ามาของผงสารองมีค่าลดลงเล็กน้อย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 ค่าความสว่างของสี (L)

ผลิตภัณฑ์สารรองผงที่ได้มีค่าความสว่างของสีอยู่ในช่วง 28.16 - 46.49

ผลการทดลองที่ได้นำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่าง ค่าความสว่างของสี กับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($X_1, \%$), ระยะเวลาในการทำแห้ง (X_2, Sec), และ อุณหภูมิผิว ถูกกึ่ง ($X_3, ^\circ\text{C}$) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\text{ค่าความสว่างของสี} = 108.9507 + 33.14791X_1 - 0.8858 X_2 - 1.3322X_3 - 279.6666X_1^2 + 0.00230X_2^2 + 0.0031X_3^2 + 1X_1X_2 + 0.4375X_1X_3 + 0.0086X_2X_3 \dots\dots\dots(4-6)$$

$$R^2 = 0.962552377 \quad \text{Standard Error} = 1.857899501$$

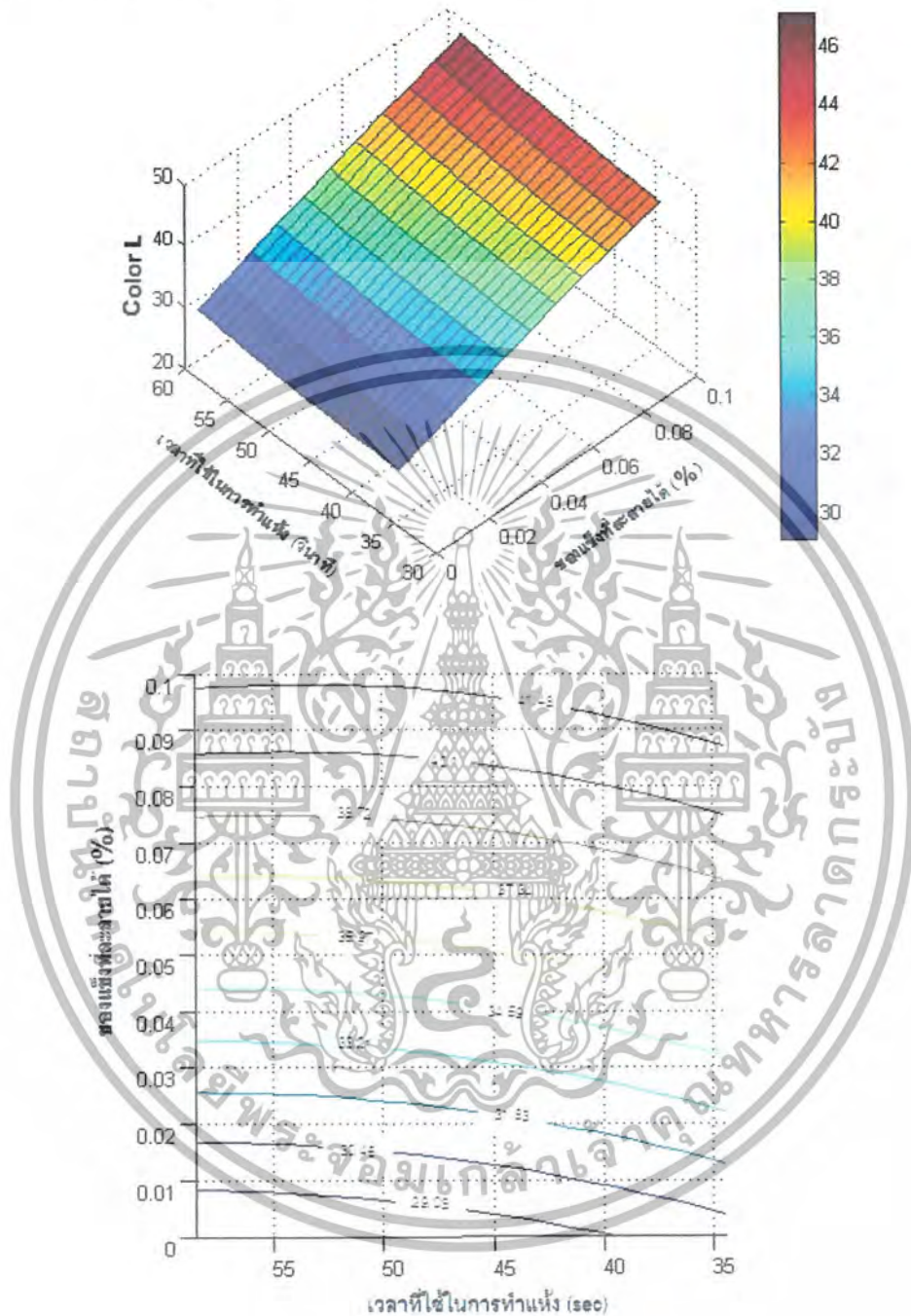
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากสมการ (4-6) แสดงในรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 การเปรียบเทียบค่าความสว่างของสี(L) ของผลิตภัณฑ์สารรองผงที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

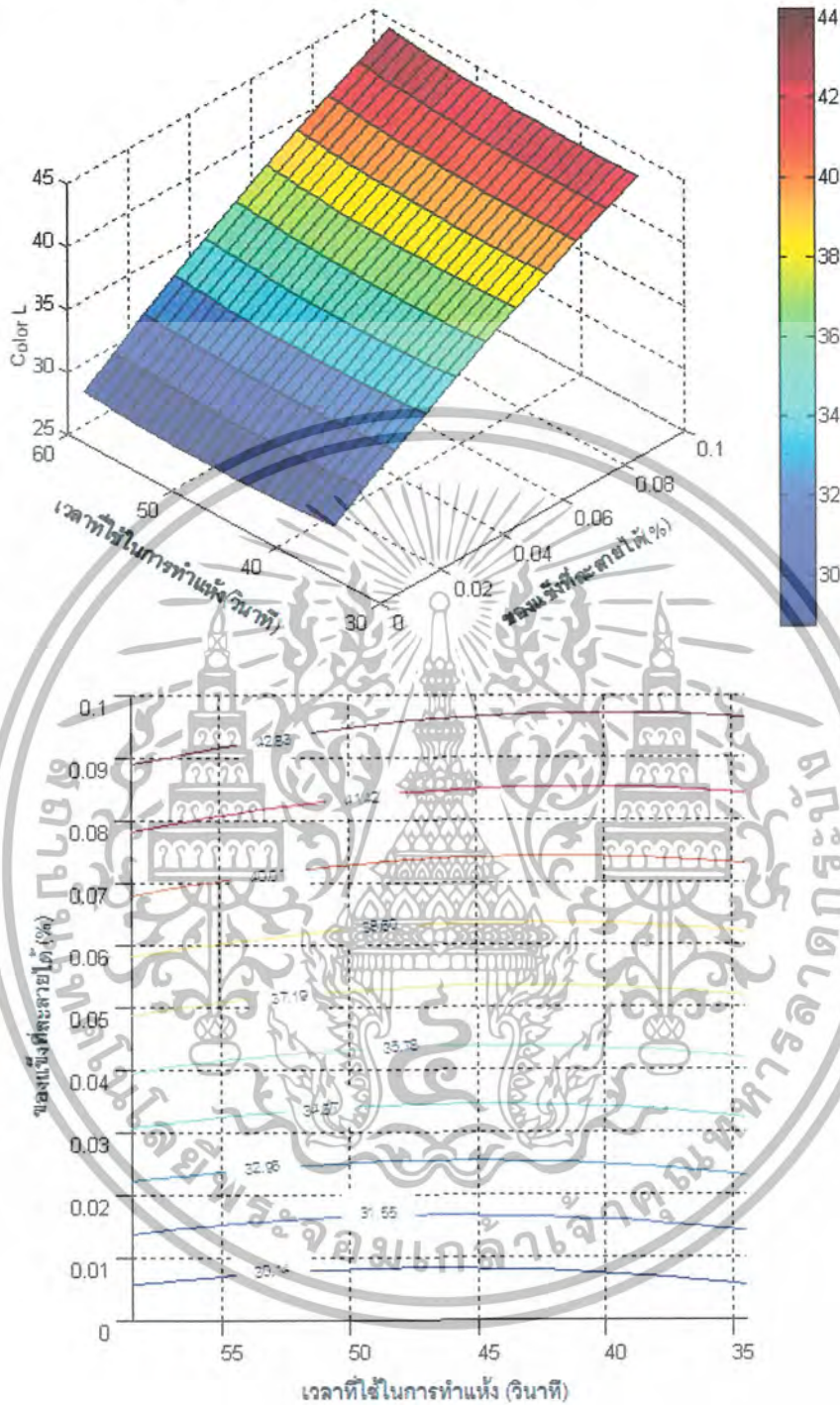
กำหนดค่า X_3 คือ อุณหภูมิในการทำแห้งของพิวลูกกลิ้ง (องศาเซลเซียส)
 อุณหภูมิในการทำแห้งของพิวลูกกลิ้ง เท่ากับ 110 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสว่างของสี (L) ของสารรองพวง ที่อุณหภูมิพิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง 110 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

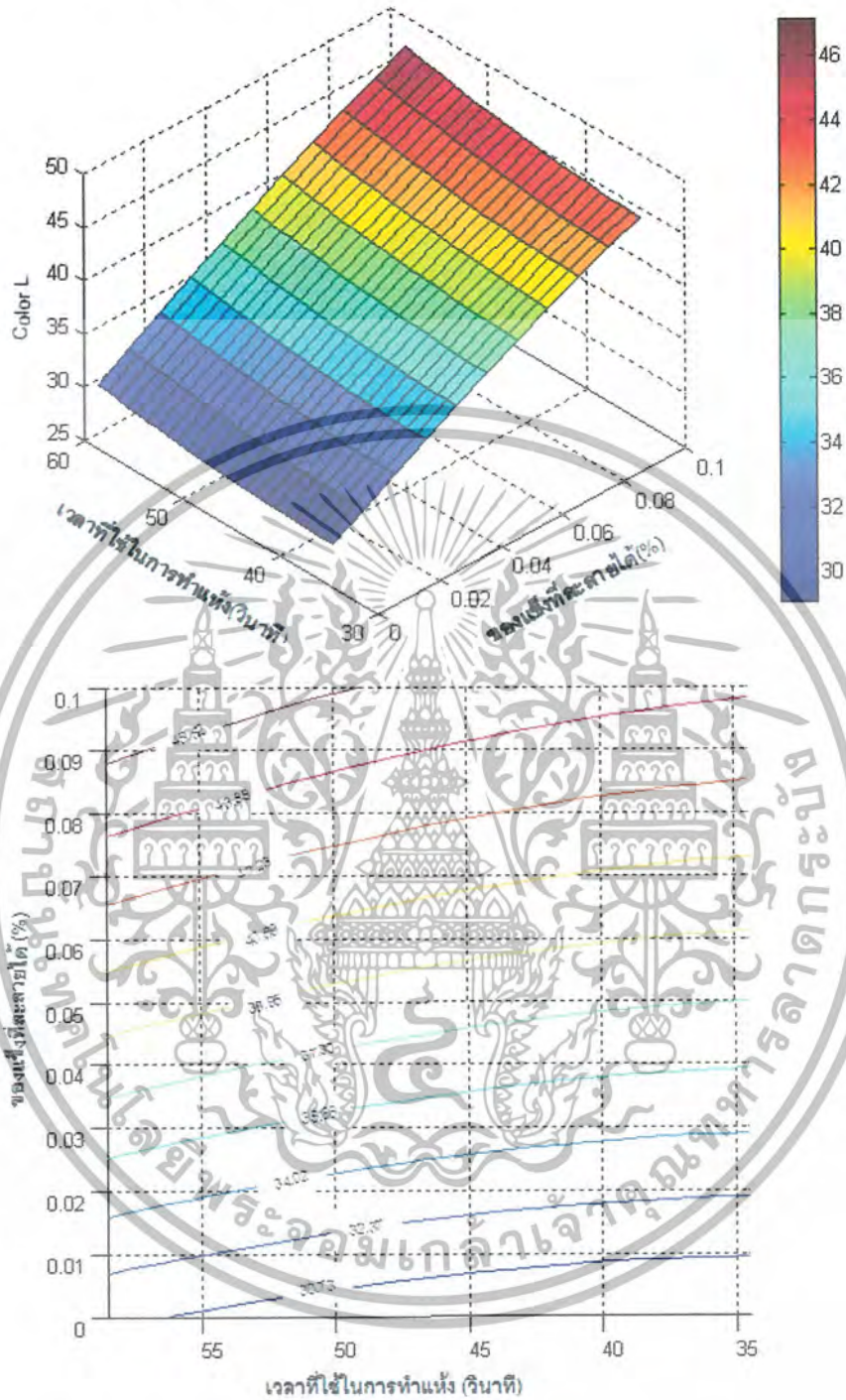
อุณหภูมิในการทำแห้งของผิวลูกกลิ้ง เท่ากับ 120 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสว่างของสี(L) ของตำรองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง 120 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิในการทำแห้งของผิวลูกกลิ้ง เท่ากับ 130 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความสว่างของสี(L) ของตำรองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง 130 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำผลที่ได้จากสมการ(4-6) มาพล็อตกราฟดังแสดงได้ในรูปที่ 4.22,4.23 และ 4.24 จากกราฟจะพบว่า การเพิ่มปริมาณมอดโตเค็กซ์ตริน มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์สารองพรมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น เนื่องจาก มอดโตเค็กซ์ตริน มีสีขาว จึงทำให้มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น สำหรับอุณหภูมิผิวถูกกึ่งและระยะเวลาในการทำแห้งไม่ส่งผลชัดเจนเท่าปัจจัยจากเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ (มอดโตเค็กซ์ตริน)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.7 ค่าความเป็นสีแดง (a)

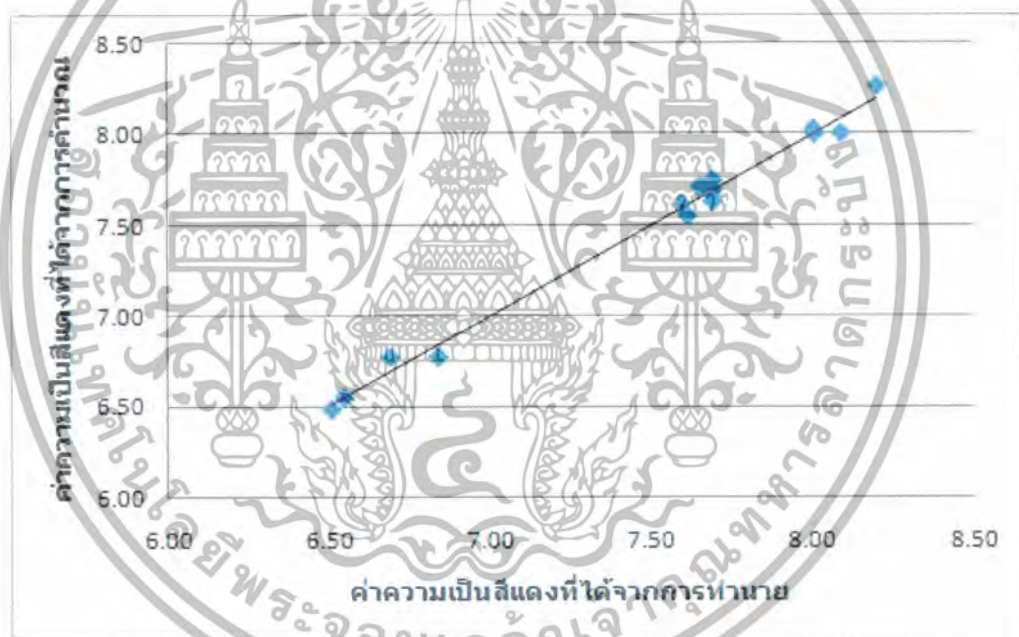
ผลิตภัณฑ์สำรองผงที่ได้มีค่าความเป็นสีแดง อยู่ในช่วง 6.48 - 8.2633

ผลการทดลองที่ได้นำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่าง ค่าความเป็นสีแดง กับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($X_1, \%$), ระยะเวลาในการทำแห้ง (X_2, Sec), และ อุณหภูมิผิวลูกกิ้ง ($X_3, ^\circ\text{C}$) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความเป็นสีแดง} = & 3.8111 + 62.4694X_1 + 0.0145X_2 + 0.0371X_3 - 121.611X_1^2 + 0.00000139X_2^2 - \\ & 0.0003X_3^2 - 0.2633X_1X_2 - 0.0944X_1X_3 + 0.0000347X_2X_3, \dots\dots\dots(4-7) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0.99137 \quad \text{Standard Error} = 0.0889$$

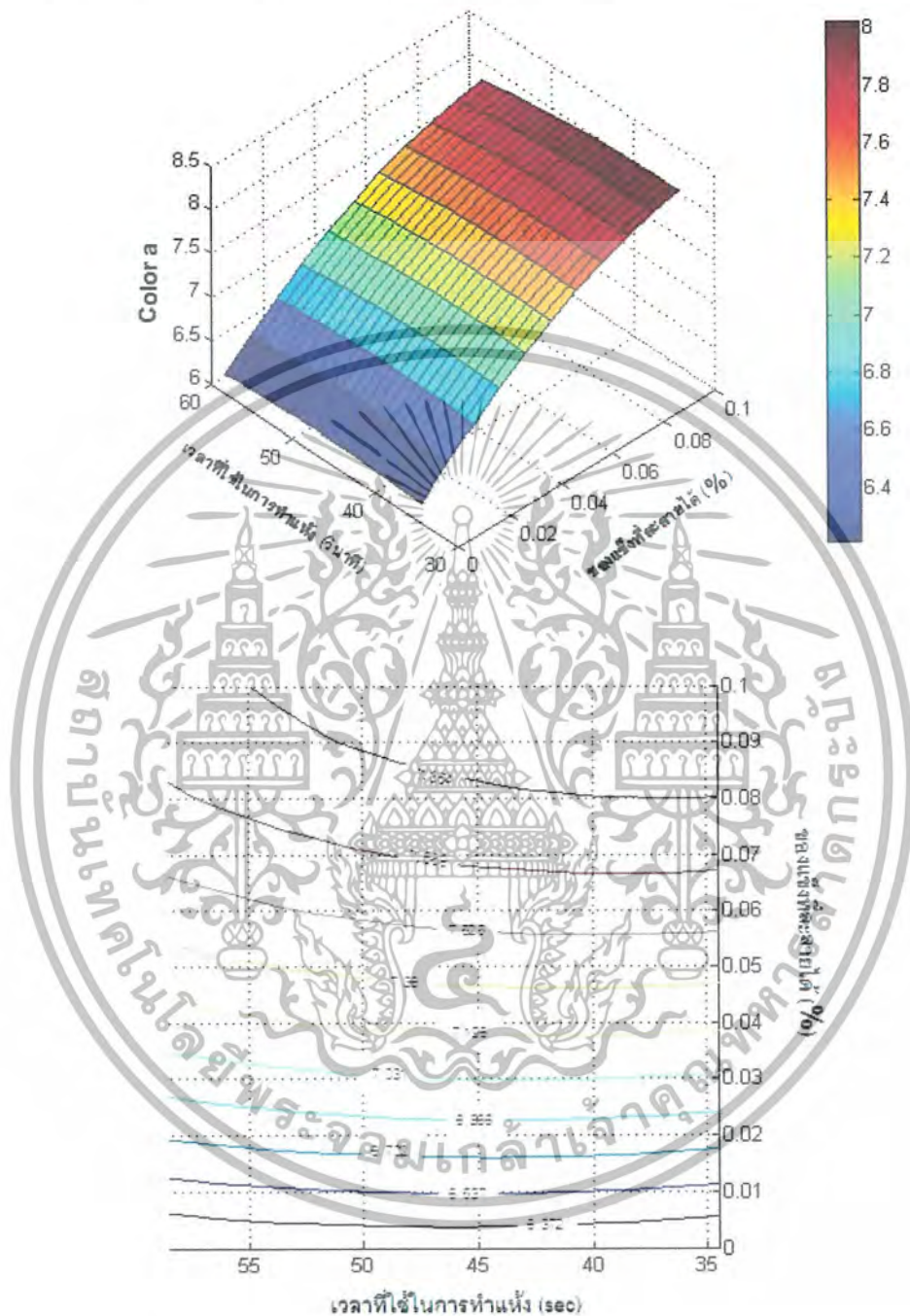
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากสมการ (4-7) แสดงในรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบค่าความเป็นสีแดง (a) ของผลิตภัณฑ์สำรองผงที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

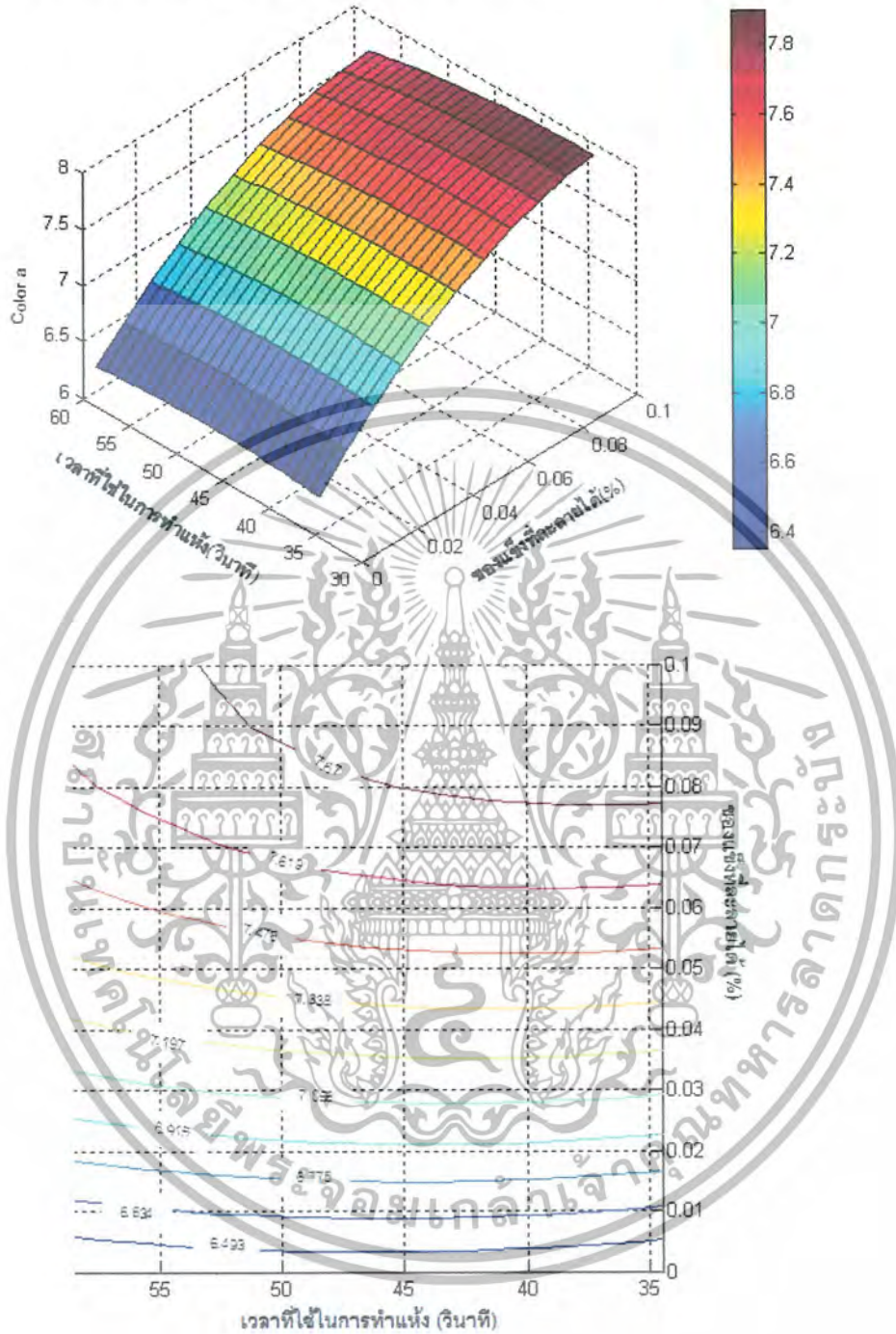
กำหนดค่า X_3 คือ อุณหภูมิในการทำแห้งของผิวลูกกลิ้ง (องศาเซลเซียส)
 อุณหภูมิในการทำแห้งของผิวลูกกลิ้ง เท่ากับ 110 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความเป็นสีแดง(a) ของสารรองผง ที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง 110 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

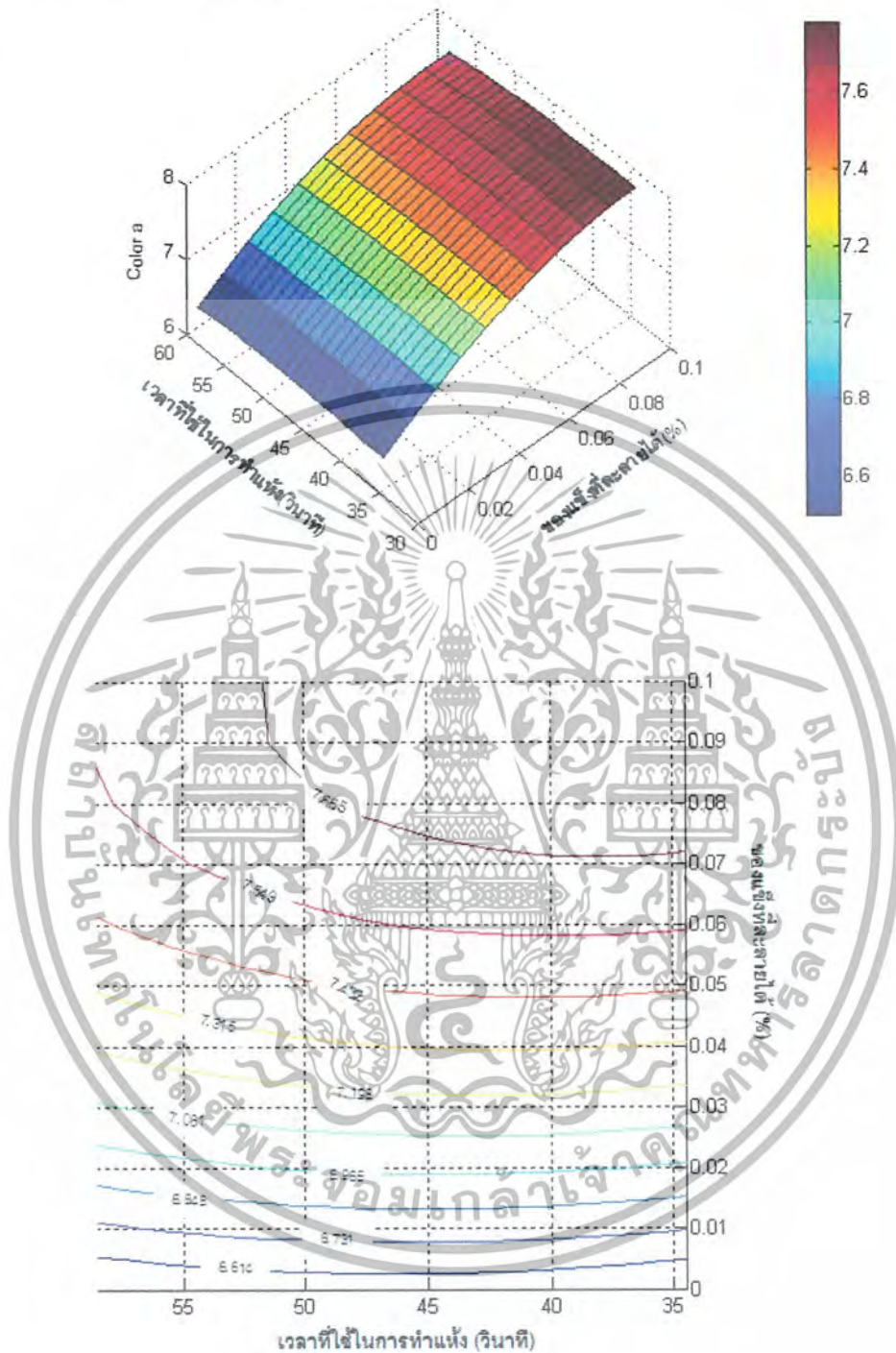
อุณหภูมิในการทำแห้งของพืชรากกล้วย เท่ากับ 120 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความเป็นสีแดง(a) ของตำรองผง ที่อุณหภูมิพืชรากกล้วยที่ใช้ในการทำแห้ง 120 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิในการทำแห้งของพืชมูลูกกลิ้ง เท่ากับ 130 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความเป็นสีแดง(a) ของตำรองผง ที่อุณหภูมิพืชมูลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง 130 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำผลที่ได้จากสมการ(4-7) มาพล็อตกราฟดังแสดงได้ในรูปที่ 4.26,4.27 และ 4.28 จากกราฟจะพบว่า ค่าความเป็นสีแดงของสารองผงจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ช่วงเดียวกันแต่จะแตกต่างกันที่ค่าความสว่างอย่างชัดเจน ดังนั้นอุณหภูมิผิวลูกกิ้งและระยะเวลาในการทำแห้งไม่ส่งผลชัดเจนเท่าปัจจัยจากเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ (มอลโตเด็กซ์ทริน)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.8 ค่าความเป็นสีเหลือง (b)

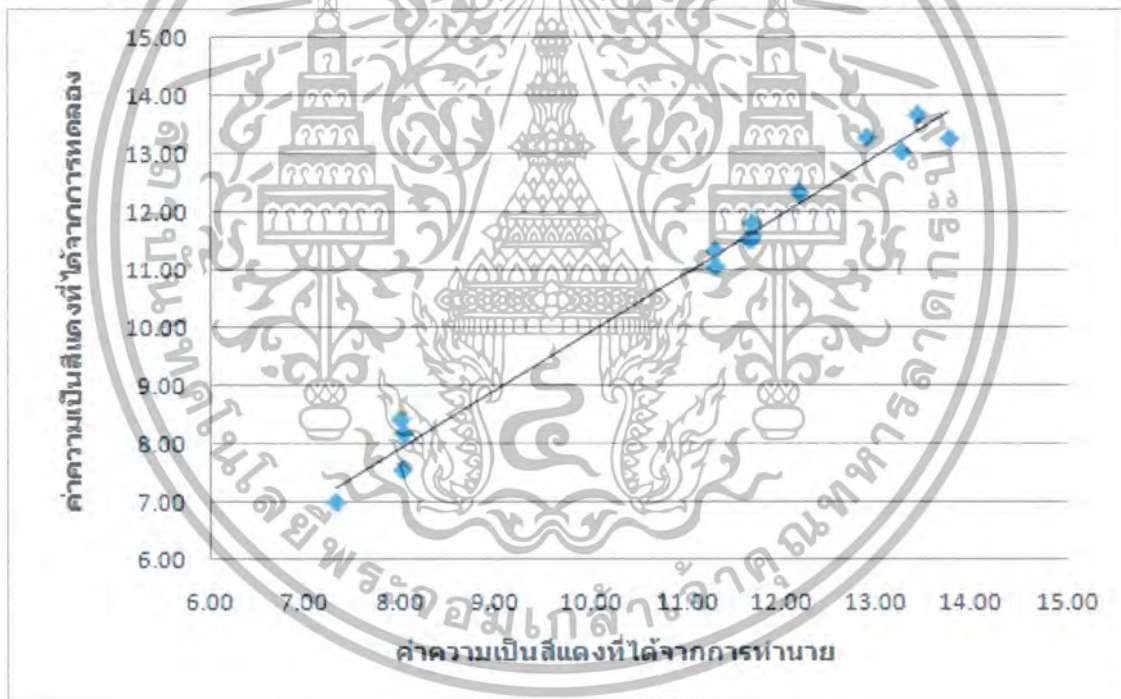
ผลิตภัณฑ์สารรองผงที่ได้มีค่าความเป็นสีเหลือง อยู่ในช่วง 7.5566 - 13.66

ผลการทดลองที่ได้นำมาสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่าง ค่าความเป็นสีเหลือง กับ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($X_1, \%$) , ระยะเวลาในการทำแห้ง (X_2, Sec), และ อุณหภูมิผิว ลูกกลิ้ง ($X_3, ^\circ\text{C}$) สามารถแสดง ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความเป็นสีเหลือง} = & -19.0171 + 98.45X_1 + 0.4984X_2 - 0.2216X_3 - 421.5X_1^2 - 0.0021X_2^2 + \\ & 0.0009X_3^2 - 0.085X_1X_2 + 0.1944X_1X_3 + 0.0011X_2X_3 \dots\dots\dots(4-8) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0.983069 \quad \text{Standard Error} = 0.4774056$$

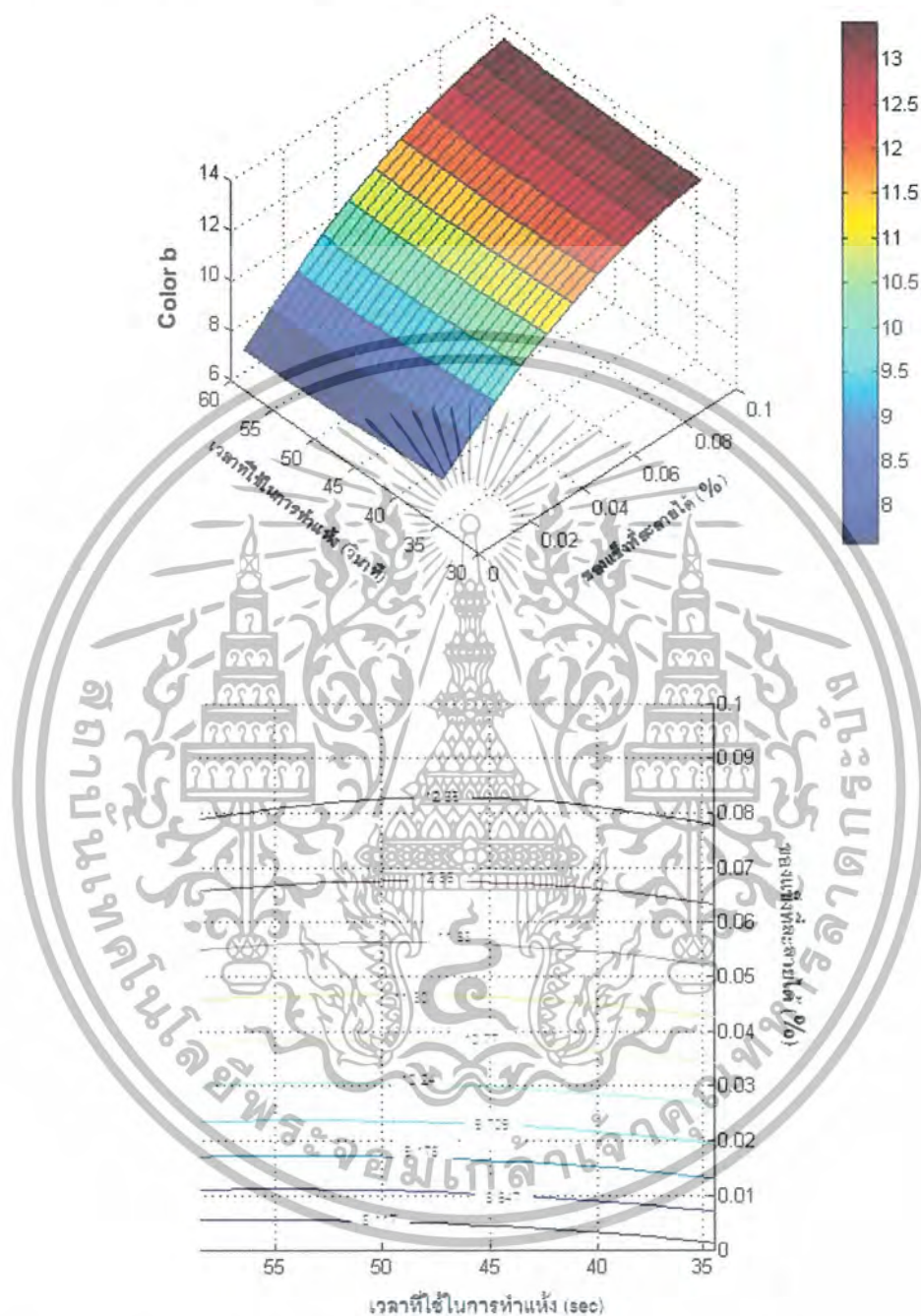
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากสมการ (4-8) แสดงในรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 การเปรียบเทียบค่าความเป็นสีเหลือง (b) ของผลิตภัณฑ์สารรองผงที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการทำนายในสมการ (4-8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

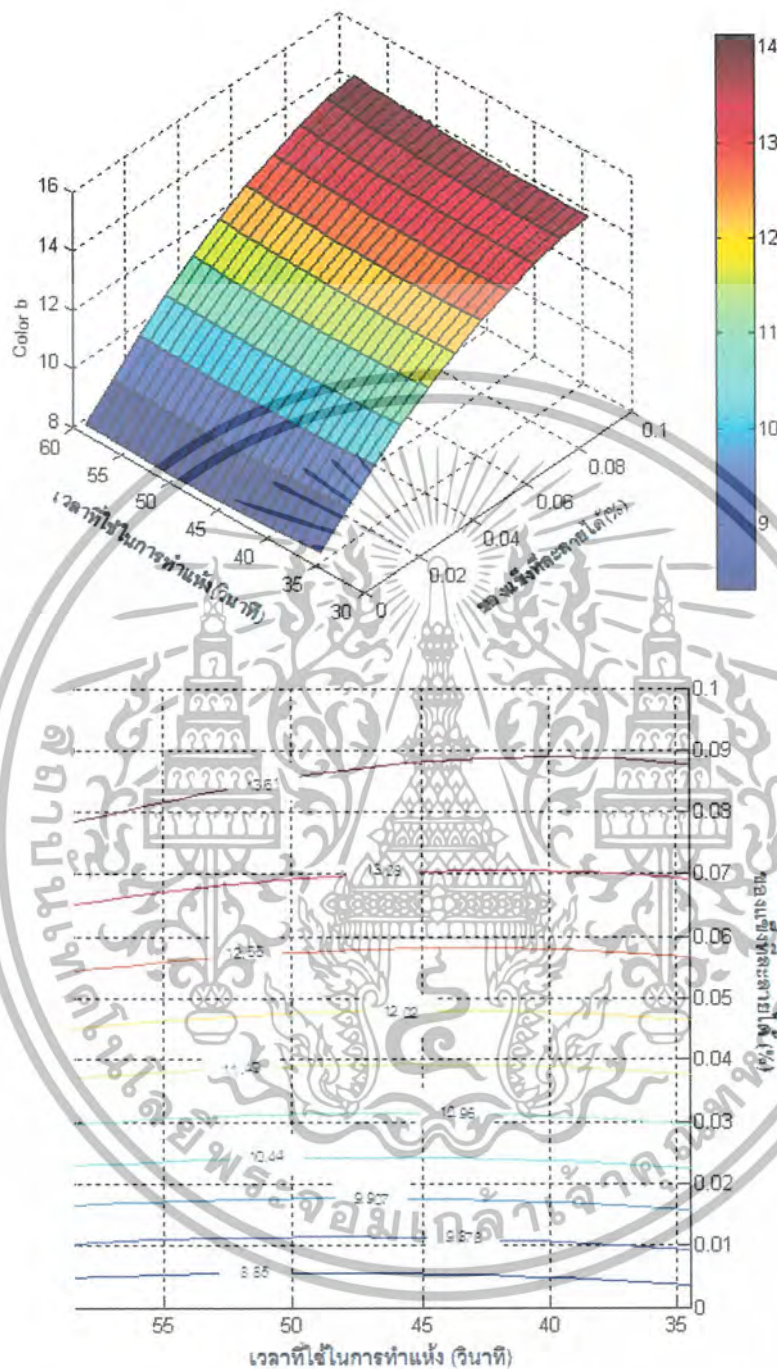
กำหนดค่า X_3 คือ อุณหภูมิในการทำแห้งของพื้ปลูกกล้วย (องศาเซลเซียส)
 อุณหภูมิในการทำแห้งของพื้ปลูกกล้วย เท่ากับ 110 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง (b) ของสารรองผง ที่อุณหภูมิพื้ปลูกกล้วยที่ใช้ในการทำแห้ง 110 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

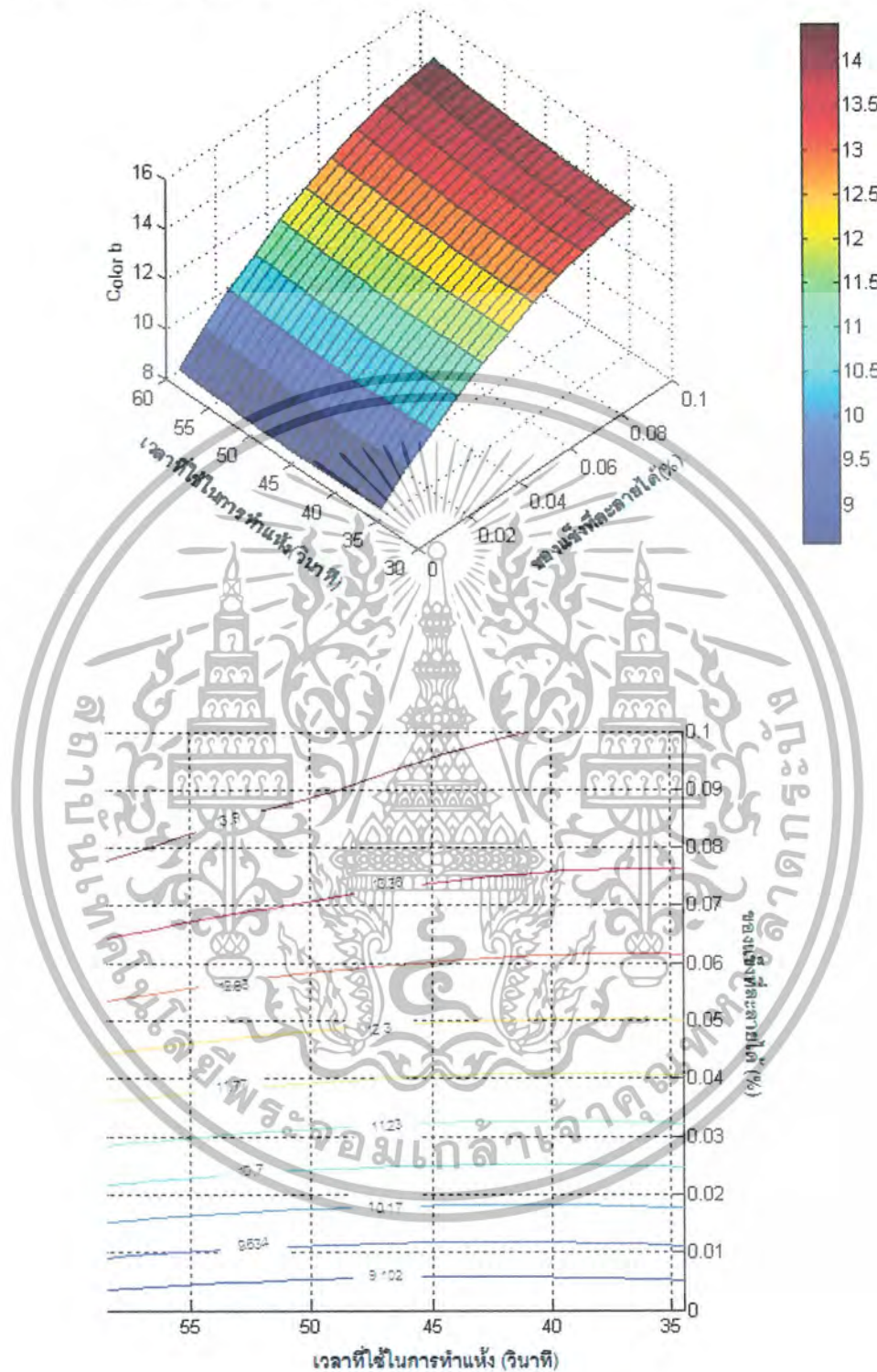
อุณหภูมิในการทำแห้งของพิวลูกกลิ้ง เท่ากับ 120 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง (b) ของสารรองผง ที่อุณหภูมิพิวลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง 120 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิในการทำแห้งของพืพลูกกลิ้ง เท่ากับ 130 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ที่มีผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง (b) ของสารองผง ที่อุณหภูมิพืพลูกกลิ้งที่ใช้ในการทำแห้ง 130 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำผลที่ได้จากสมการ(4-8) มาพล็อตกราฟดังแสดงได้ในรูปที่ 4.30, 4.31 และ 4.32 จากกราฟจะพบว่า ค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับค่าความเป็นสีแดง นั่นคือ ค่าความเป็นสีเหลืองของสารองพงจัดว่าอยู่ในเกณฑ์ช่วงเดียวกันแต่จะแตกต่างกันที่ค่าความสว่างอย่างชัดเจน ดังนั้น อุณหภูมิผิวลูกกอล์ฟและระยะเวลาในการทำแห้งไม่ส่งผลชัดเจนเท่าปัจจัยจากเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ (มอลโตเด็คซ์ทริน)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

- การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ (มอลโตเด็คซ์ตริน) มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ (%Yield) , ค่าความสว่าง (L) , ค่าสี a และค่าสี b มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ความชื้นที่ได้มีค่าลดลง อนุภาคผงมีขนาดเล็กลงและมีผิวเรียบเนียนมากขึ้น ส่งผลให้มีความสามารถในการละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการดูดซับน้ำลดลง
- การเพิ่มอุณหภูมิที่ผิวลูกกลิ้ง มีผลทำให้ เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ความชื้นที่ได้มีค่าลดลง และไม่มีผลกระทบที่ชัดเจนต่อค่าสีและความสามารถในการดูดซับน้ำ
- การเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง มีผลทำให้ลักษณะอนุภาคผงมีขนาดใหญ่และมีผิวขรุขระส่งผลให้มีความสามารถในการดูดซับน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีค่าน้อยลง
- สภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้สารองผงมีความสามารถในการดูดซับน้ำและคืนตัวเป็นเนื้อสารองได้ดีที่สุด คือสภาวะที่มีเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้ 0 % อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 120 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการทำแห้ง 58.5 วินาที

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ในขณะที่ทำการทดลอง อุณหภูมิที่ผิวลูกกลิ้งมีค่าไม่คงที่เนื่องจากการทำงานของเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งมีการถ่ายเทความร้อนไม่สม่ำเสมอ จึงควรทำการวัดอุณหภูมิทุกทุก 10 นาที เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป
- ควรศึกษาถึงสารสำคัญที่มีในสารรอง เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ต่อไป
- หากต้องการเพิ่มมอดโตเค็กซ์ตรินเพื่อเพิ่มผลผลิตที่ได้ ควรมีการศึกษาในเรื่องการจับเป็นกลุ่มก้อน (Agglomeration) เพิ่มเติม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกฤต ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป็ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกษณี มานะโรจน์กิจ, จารุรัตน์ จูตะเสน, ชัยวัฒน์ กุสทิทธิผล. 2550. “ผลกระทบของการปรับสภาพและอุณหภูมิลมร้อนต่อการทำแห้งและคุณภาพของผักหวานผง.” วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ญาณิกา มณีศรี, ฌัญญ์นิรินธน์ พันธุมจินดา, วิริยา ศรีบุตร. 2549. “ผลของสภาวะการผลิตต่อการผลิตน้ำลำไยผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย.” วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

คาริกา สิมำพัฒนพงศ์, วิรินทร์ศิริ สาสะเดาะห์, สิริวิกร ศิริโยธิ พันธุ์. 2545. “การศึกษาการผลิตข้าวผงด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่.” วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ปานมนัส ศิริสมบุญ, พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และสาทิป รัตนภาสกร. 2538. สมบัติทางกายภาพของข้าวสาคู. กรุงเทพฯ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร.

นฤดี พงศ์กัจจิฑูร, วิฑูร, สุวิข ศิริวัฒน์ โยธิน, สายลม สัมพันธ์เวช โสภา, ทิพาพร อยู่วิทยา. 2544. ปัจจัยการผลิตกล้วยหอมผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร., ปีที่ 24, ฉบับที่ 1, (ม.ค-เม.ย 2544). หน้า 69-84.

นันทวัน บุญยะประภัศร และอรนุช โชกชัยเจริญพร บรรณาธิการ. 2543. สมุนไพรไม้พื้นบ้าน(4). พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร: บริษัทประชาชน จำกัด.

นิรนาม1. 2551. มุลนิธิสุขภาพไทย. สำรอง. [online]. เข้าถึงได้จาก : gotoknow.org/file/kunnong/somlong.doc

นิรนาม2. 2551. ภูมิไท. สำรอง. [online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.phoomtai.com/Story004.htm>

นิรนาม3. 2551. “ปฏิบัติการเรื่องการอบแห้งด้วยลูกกลิ้งทรงกระบอก(Drum drying)”, เอกสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประกอบการสอนวิชา Unit Operation in FoodEngineering. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- พรศักดิ์ มั่นศิริเพ็ญ. 2534, การทำแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอก, วารสารอาหาร ปีที่ 21 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม- กันยายน, หน้า 178-181.
- วรัญญา ศุภมิตร, ภาวินี ภูศรี, ปริญญา เพ็ญโรจน์. 2551. “การศึกษาสมบัติทางกระแสของผงกัมจากผล สัารอง.” [online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.irpus.org /project_file/2548_2006-08-25_I4803052.pdf.
- รวาพร ชัยชนะ, ดวงกมล ดวงปฐม. 2547. “ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกเต๋อยพวงโดยใช้ เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง.” เทคนิคการวิจัยปริญญาตรี. สาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะ ทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สุภาภรณ์ ปิติพร. 2550 . “เรื่องเด่นจากปก-สารอง”, หมอชาวบ้าน.[online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.doctor.or.th/node/4068>
- Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F., Griffin, J.E.J. 1969. “Gelatinization of com grits by roll and extrusion cooking.” *CerealScience Today*, Vol.14 : 4-7, 11-12.
- AOAC. 1990. **Official Method of Analysis of AOAC International**. Washing D.C. USA : The Association of official Analytical Chemists, Inc.
- Keey, R.B., 1987 . *Introduction to Industrial Drying Operation*, London, William Clowes and Sons Ltd., pp.158-179.
- Pua C.K., N. Sheikh Abd. Hamid, G.Ruaul, Abd. Rahman. 2005. “Production of drum-dried jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus*) power with different concentration of soy lecithin and gum Arabic.” **Journal of food engineering**.
- S.L.C. Ferreira , R.E. Bruns , H.S. Ferreira , G.D. Matos , J.M. David , G.C. Brand , E.G.P. da Silva , L.A. Portugal , P.S. dos Reis , A.S. Souza , W.N.L. dos Santos. 2007. “Box-Behnken design: An alternative for the optimization of analytical methods.” **Analytica Chimica Acta**.
- Wadsworth, J.I.,Kolton, S.P. and Gallo, A.S. 1996. “Instant Sweet Potato Flakes Factor Affecting Drying on Double Drum Dryer.” *Food Technology*, Vol.20, No.6, p.111-114.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองการทำแห้งผงสำรอง

- ความชื้น
- เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้
- ความหนาแน่นรวม
- ค่า a_w
- ค่าสี
- ค่าความสามารถในการละลายและการดูดซับน้ำ

วิเคราะห์คุณลักษณะผลิตภัณฑ์

ตารางที่ ก.1 แสดงคุณลักษณะวัตถุดิบเริ่มต้น

วัตถุดิบเริ่มต้น	คุณลักษณะของวัตถุดิบเริ่มต้น			
	Moisure content (%wb)	Color		
		L	a	b
เมล็ดสำรอง	11.5401	29.9679	5.7287	9.3040
เนื้อสำรอง	94.2908	12.6749	2.2818	2.8336

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ความชื้นของเมล็ดสำรอง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ	น้ำหนักตัวอย่าง หลังอบ	น้ำหนักหลังอบ - น้ำหนักถ้วย	% ความชื้น ฐานเปียก
1	1	12.6166	3.8912	16.0662	3.4496	11.3487
	2	12.7176	4.0912	16.3490	3.6314	11.2388
	3	12.813	4.2612	16.5779	3.7649	11.6470
	เฉลี่ย					11.4115
2	1	12.7250	4.0925	16.3435	3.6185	11.5822
	2	12.9449	4.1044	16.5766	3.6317	11.5169
	3	12.6008	3.8992	16.0465	3.4457	11.6306
	เฉลี่ย					11.5766
3	1	13.0315	4.6292	17.1058	4.0743	11.9870
	2	12.6846	4.1138	16.3227	3.6381	11.5635
	3	12.9454	4.2990	16.7450	3.7996	11.6167
	เฉลี่ย					11.7224
4	1	12.8805	4.3920	16.7773	3.8968	11.2750
	2	12.7951	4.2233	16.5294	3.7343	11.5786
	3	13.1321	4.4890	17.0844	3.9523	11.9559
	เฉลี่ย					11.6032
5	1	12.9213	4.0673	16.5135	3.5922	11.6810
	2	12.9101	4.1066	16.5348	3.6247	11.7348
	3	12.5834	4.4586	16.5345	3.9511	11.3825
	เฉลี่ย					11.5994
6	1	12.8790	4.0733	16.4917	3.6127	11.3078
	2	12.7621	4.1997	16.4712	3.7091	11.6818
	3	12.7551	4.2714	16.5303	3.7752	11.6168
	เฉลี่ย					11.5355
7	1	13.0893	4.0676	16.6917	3.6024	11.4367
	2	13.0634	4.0575	16.6572	3.5938	11.4282
	3	12.9638	4.1679	16.6476	3.6838	11.6150
	เฉลี่ย					11.4933

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ	น้ำหนักตัวอย่าง หลังอบ	น้ำหนักหลังอบ - น้ำหนักถ้วย	% ความชื้น ฐานเปียก
8	1	13.0700	4.1870	16.7493	3.6793	12.1256
	2	12.5854	4.3440	16.4366	3.8512	11.3444
	3	12.9665	4.3084	16.7754	3.8089	11.5936
	เฉลี่ย					11.6879
9	1	13.0262	4.0854	16.6281	3.6019	11.8348
	2	13.1069	4.1031	16.7517	3.6448	11.1696
	3	12.8690	4.2153	16.5955	3.7265	11.5959
	เฉลี่ย					11.5334
10	1	12.9418	4.1958	16.6480	3.7062	11.6688
	2	12.5538	4.1393	16.2232	3.6694	11.3522
	3	12.8794	4.1244	16.5257	3.6463	11.5920
	เฉลี่ย					11.5377
11	1	12.8260	4.2533	16.5993	3.7733	11.2854
	2	13.0553	4.1309	16.7128	3.6575	11.4600
	3	12.9326	4.0820	16.5634	3.6308	11.0534
	เฉลี่ย					11.2662
12	1	12.7713	4.2476	16.5432	3.7719	11.1993
	2	12.9463	4.3284	16.7732	3.8269	11.5863
	3	12.8694	4.1027	16.5030	3.6336	11.4339
	เฉลี่ย					11.4065
13	1	12.9075	4.2355	16.6705	3.763	11.1557
	2	13.2016	4.4623	17.1482	3.9466	11.5568
	3	12.7535	4.2422	16.5149	3.7614	11.3337
	เฉลี่ย					11.3488

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ	น้ำหนักตัวอย่าง หลังอบ	น้ำหนักหลังอบ - น้ำหนักถ้วย	% ความชื้น ฐานเปียก
14	1	13.1309	4.2391	16.8648	3.7339	11.9176
	2	13.0863	4.2968	16.8411	3.7548	12.6140
	3	12.7839	4.2589	16.5535	3.7696	11.4889
	เฉลี่ย					12.0068
15	1	13.0134	4.1745	16.7205	3.7071	11.1966
	2	13.2288	4.2861	17.0252	3.7964	11.4253
	3	12.9909	4.4971	16.9710	3.9801	11.4963
	เฉลี่ย					11.3727



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ความชื้นของเนื้อสำโรง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ	น้ำหนักตัวอย่าง หลังอบ	น้ำหนักหลังอบ - น้ำหนักถ้วย	% ความชื้น ฐานเปียก
1	1	12.8562	4.5540	12.9849	0.1287	97.1739
	2	12.7103	4.8692	12.8405	0.1302	97.3260
	3	12.5416	4.2873	12.6435	0.1019	97.6232
	เฉลี่ย					97.3744
2	1	12.9625	4.1277	13.0115	0.0490	98.8129
	2	12.7820	4.2951	12.8707	0.0887	97.9349
	3	12.7317	4.4838	12.8216	0.0899	97.9950
	เฉลี่ย					98.2476
3	1	13.1131	4.2194	13.5044	0.3913	90.7262
	2	12.5912	4.6952	13.0251	0.4339	90.7586
	3	12.8692	4.2126	13.2446	0.3754	91.0886
	เฉลี่ย					90.8578
4	1	12.9169	4.7858	13.3397	0.4228	91.1655
	2	12.9334	4.3046	13.3166	0.3832	91.0979
	3	12.9732	4.7511	13.4197	0.4465	90.6022
	เฉลี่ย					90.9552
5	1	12.7133	4.0702	12.7663	0.0530	98.6979
	2	12.9539	4.6803	13.0151	0.0612	98.6924
	3	13.0248	4.8759	13.0920	0.0672	98.6218
	เฉลี่ย					98.6707
6	1	12.9773	4.4863	13.0755	0.0982	97.8111
	2	12.8285	4.4523	12.9269	0.0984	97.7899
	3	12.8396	4.6439	12.9371	0.0975	97.9005
	เฉลี่ย					97.8338

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ	น้ำหนักตัวอย่าง หลังอบ	น้ำหนักหลังอบ - น้ำหนักถ้วย	% ความชื้น ฐานเปียก
7	1	12.7043	4.8967	13.1950	0.4907	89.9790
	2	12.9182	4.4132	13.3330	0.4148	90.6009
	3	12.9345	4.2526	13.3438	0.4093	90.3753
	เฉลี่ย					90.3184
8	1	13.0429	4.1277	13.4420	0.3991	90.3312
	2	12.8591	4.8786	13.3235	0.4644	90.4809
	3	12.7559	4.1654	13.1408	0.3849	90.7596
	เฉลี่ย					90.5239
9	1	13.0753	4.8092	13.2995	0.2242	95.3381
	2	12.5739	4.8400	12.8011	0.2272	95.3058
	3	13.0367	4.6140	13.2515	0.2148	95.3446
	เฉลี่ย					95.3295
10	1	12.5071	3.6890	12.7143	0.2072	94.3833
	2	12.9529	3.4973	13.1469	0.1940	94.4529
	3	12.7469	3.5632	12.9436	0.1967	94.4797
	เฉลี่ย					94.4386
11	1	12.8945	4.5889	13.1368	0.2423	94.7199
	2	13.0171	4.2780	13.2403	0.2232	94.7826
	3	12.8119	4.5813	13.0565	0.2446	94.6609
	เฉลี่ย					94.7211
12	1	12.8609	4.5015	13.1133	0.2524	94.3930
	2	13.0087	4.7512	13.2693	0.2606	94.5151
	3	12.7080	4.8312	12.9699	0.2619	94.5790
	เฉลี่ย					94.4957
13	1	13.0088	3.4390	13.2146	0.2058	94.0157
	2	12.8856	3.3267	13.0665	0.1809	94.5622
	3	12.5309	3.2760	12.7101	0.1792	94.5299
	เฉลี่ย					94.3693

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับงานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ	น้ำหนักตัวอย่าง หลังอบ	น้ำหนักหลังอบ - น้ำหนักถ้วย	% ความชื้น ฐานเปียก
14	1	12.8490	4.5954	13.1091	0.2601	94.3400
	2	12.5923	4.2405	12.8933	0.3010	92.9018
	3	12.8713	4.6062	13.1338	0.2625	94.3012
	เฉลี่ย					93.8476
15	1	12.7467	4.3050	13.0092	0.2625	93.9024
	2	12.6009	4.3273	12.8656	0.2647	93.8830
	3	12.7967	4.5118	13.0742	0.2775	93.8495
	เฉลี่ย					93.8783



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ความชื้นของผงสำรอง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ	น้ำหนักตัวอย่าง หลังอบ	น้ำหนักหลังอบ - น้ำหนักถ้วย	% ความชื้น ฐานเปียก
1	1	12.6166	3.2840	15.6676	3.0510	7.0950
	2	12.7176	3.2459	15.7156	2.9980	7.6373
	3	12.8138	3.6092	16.1502	3.3364	7.5585
	เฉลี่ย					7.4303
2	1	12.7256	3.6433	16.1059	3.3803	7.2187
	2	12.9488	3.3123	16.0491	3.1003	6.4004
	3	12.6014	3.2073	15.5856	2.9842	6.9560
	เฉลี่ย					6.8584
3	1	13.0316	3.5961	16.4862	3.4546	3.9348
	2	12.6844	3.2881	15.8431	3.1587	3.9354
	3	12.9446	3.5724	16.3534	3.4088	4.5796
	เฉลี่ย					4.1499
4	1	12.8806	3.3561	16.1441	3.2635	2.7592
	2	12.7905	3.4137	16.1007	3.3102	3.0319
	3	13.1207	3.4106	16.4322	3.3115	2.9056
	เฉลี่ย					2.8989
5	1	12.9192	3.3689	15.9842	3.0650	9.0207
	2	12.9102	3.2909	15.9083	2.9981	8.8973
	3	12.5834	3.4404	15.7094	3.1260	9.1385
	เฉลี่ย					9.0188
6	1	12.8762	3.4497	16.0800	3.2038	7.1282
	2	12.7618	3.4059	15.9361	3.1743	6.8000
	3	12.7543	3.2154	15.7265	2.9722	7.5636
	เฉลี่ย					7.1639

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ	น้ำหนักตัวอย่าง หลังอบ	น้ำหนักหลังอบ - น้ำหนักถ้วย	% ความชื้น ฐานเปียก
7	1	13.0888	3.3072	16.2791	3.1903	3.5347
	2	13.0645	3.5863	16.5488	3.4843	2.8442
	3	12.9637	3.5804	16.4458	3.4821	2.7455
	เฉลี่ย					3.0415
8	1	13.0696	3.7269	16.6914	3.6218	2.8200
	2	12.5825	3.6369	16.1118	3.5293	2.9586
	3	13.0696	3.6269	16.5370	3.4674	4.3977
	เฉลี่ย					3.3921
9	1	13.0215	3.4858	16.3937	3.3722	3.2589
	2	13.0169	3.2485	16.2178	3.2009	1.4653
	3	12.8682	3.3103	16.0403	3.1721	4.1748
	เฉลี่ย					2.9664
10	1	12.9422	3.5523	16.3752	3.4330	3.3584
	2	12.5532	3.3922	15.8334	3.2802	3.3017
	3	12.8793	3.7661	16.5037	3.6244	3.7625
	เฉลี่ย					3.4742
11	1	12.8263	3.6138	16.3485	3.5222	2.5347
	2	13.0562	3.2592	16.2356	3.1794	2.4485
	3	12.9329	3.5347	16.3766	3.4437	2.5745
	เฉลี่ย					2.5192
12	1	12.7707	3.5494	16.2255	3.4548	2.6652
	2	12.9405	3.8257	16.6536	3.7131	2.9433
	3	12.8684	3.3938	16.1696	3.3012	2.7285
	เฉลี่ย					2.7790
13	1	12.9068	3.1696	15.9807	3.0739	3.0193
	2	13.2018	3.3512	16.4707	3.2689	2.4558
	3	12.7526	3.8593	16.5086	3.7560	2.6767
	เฉลี่ย					2.7173

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย	น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนอบ	น้ำหนักตัวอย่าง หลังอบ	น้ำหนักหลังอบ - น้ำหนักถ้วย	% ความชื้น ฐานเปียก
14	1	13.1318	3.8225	16.8443	3.7125	2.8777
	2	13.0372	3.6385	16.5994	3.5622	2.0970
	3	12.7828	3.3708	16.0795	3.2967	2.1983
	เฉลี่ย					2.3910
15	1	13.0127	3.2853	16.2217	3.2090	2.3225
	2	13.2303	3.1409	16.3082	3.0779	2.0058
	3	12.9915	3.5932	16.4900	3.4985	2.6355
	เฉลี่ย					2.3213



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ความหนาแน่นของเมล็ดสำรอง

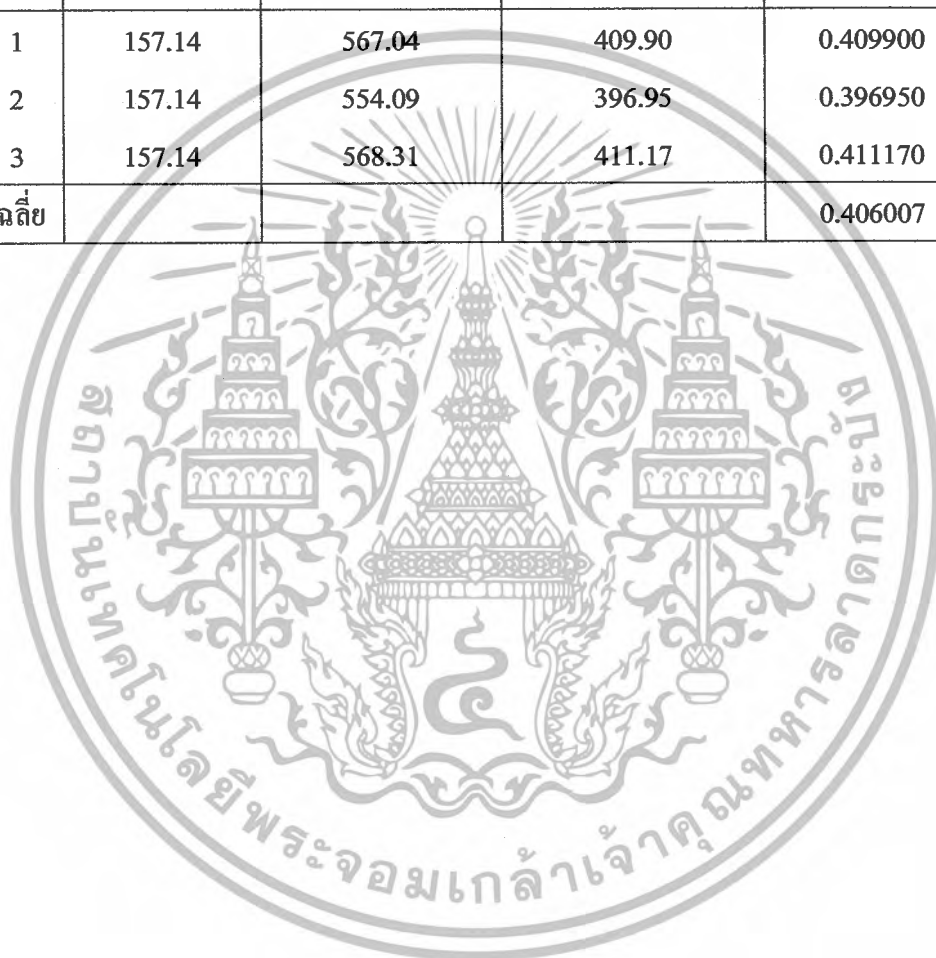
ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย(g)	น้ำหนักตัวอย่าง(g)	น้ำหนักตัวอย่าง-ถ้วย (g)	ค่า Bulk Density (g/ml)
1	1	157.14	558.28	401.14	0.401140
	2	157.14	552.15	395.01	0.395010
	3	157.14	561.12	403.98	0.403980
	เฉลี่ย				0.400043
2	1	157.14	555.56	398.42	0.398420
	2	157.14	563.92	406.78	0.406780
	3	157.14	562.85	405.71	0.405710
	เฉลี่ย				0.403637
3	1	157.14	557.51	400.37	0.400370
	2	157.14	560.50	403.36	0.403360
	3	157.14	564.56	407.42	0.407420
	เฉลี่ย				0.403717
4	1	157.14	554.96	397.82	0.397820
	2	157.14	554.63	397.49	0.397490
	3	157.14	567.59	410.45	0.410450
	เฉลี่ย				0.401920
5	1	157.14	560.75	403.61	0.403610
	2	157.14	562.43	405.29	0.405290
	3	157.14	562.72	405.58	0.405580
	เฉลี่ย				0.404827
6	1	157.14	562.02	404.88	0.404880
	2	157.14	557.83	400.69	0.400690
	3	157.14	559.20	402.06	0.402060
	เฉลี่ย				0.402543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย (g)	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักตัวอย่าง-ถ้วย (g)	ค่า Bulk Density (g/ml)
7	1	157.14	558.01	400.87	0.400870
	2	157.14	560.97	403.83	0.403830
	3	157.14	557.58	400.44	0.400440
	เฉลี่ย				0.401713
8	1	157.14	565.18	408.04	0.408040
	2	157.14	564.43	407.29	0.407290
	3	157.14	566.68	409.54	0.409540
	เฉลี่ย				0.408290
9	1	157.14	565.74	408.60	0.408600
	2	157.14	550.64	393.50	0.393500
	3	157.14	560.60	403.46	0.403460
	เฉลี่ย				0.401853
10	1	157.14	566.60	409.46	0.409460
	2	157.14	566.30	409.16	0.409160
	3	157.14	554.44	397.30	0.397300
	เฉลี่ย				0.405307
11	1	157.14	564.04	406.90	0.406900
	2	157.14	566.05	408.91	0.408910
	3	157.14	561.57	404.43	0.404430
	เฉลี่ย				0.406747
12	1	157.14	545.53	388.39	0.388390
	2	157.14	554.86	397.72	0.397720
	3	157.14	559.74	402.60	0.402600
	เฉลี่ย				0.396237
13	1	157.14	562.88	405.74	0.405740
	2	157.14	567.14	410.00	0.410000
	3	157.14	564.54	407.40	0.407400
	เฉลี่ย				0.407713

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย(g)	น้ำหนักตัวอย่าง(g)	น้ำหนักตัวอย่าง-ถ้วย (g)	ค่า Bulk Density (g/ml)
14	1	157.14	567.45	410.31	0.410310
	2	157.14	564.09	406.95	0.406950
	3	157.14	564.96	407.82	0.407820
	เฉลี่ย				0.408360
15	1	157.14	567.04	409.90	0.409900
	2	157.14	554.09	396.95	0.396950
	3	157.14	568.31	411.17	0.411170
	เฉลี่ย				0.406007



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 ความหนาแน่นของผงสำรอง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย(g)	น้ำหนักตัวอย่าง(g)	น้ำหนักตัวอย่าง-ถ้วย (g)	ค่า Bulk Density (g/ml)
1	1	12.8556	29.3396	16.4840	0.270230
	2	12.8556	29.5843	16.7287	0.274241
	3	12.8556	29.0864	16.2308	0.266079
	เฉลี่ย				0.270183
2	1	12.8556	26.0875	13.2319	0.216916
	2	12.8556	26.2350	13.3794	0.219334
	3	12.8556	26.0100	13.1544	0.215646
	เฉลี่ย				0.217299
3	1	12.8556	31.9672	19.1116	0.313305
	2	12.8556	32.0277	19.1721	0.314297
	3	12.8556	32.1275	19.2719	0.315933
	เฉลี่ย				0.314511
4	1	12.8556	30.6292	17.7736	0.291370
	2	12.8556	30.1888	17.3332	0.284151
	3	12.8556	30.0263	17.1707	0.281487
	เฉลี่ย				0.285669
5	1	12.8556	27.8165	14.9609	0.245261
	2	12.8556	27.8434	14.9878	0.245702
	3	12.8556	28.1631	15.3075	0.250943
	เฉลี่ย				0.247302
6	1	12.8556	24.7054	11.8498	0.194259
	2	12.8556	24.6916	11.8360	0.194033
	3	12.8556	24.5431	11.6875	0.191598
	เฉลี่ย				0.193297

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย(g)	น้ำหนักตัวอย่าง(g)	น้ำหนักตัวอย่าง-ถ้วย (g)	ค่า Bulk Density (g/ml)
7	1	12.8556	30.0645	17.2089	0.282113
	2	12.8556	29.3395	16.4839	0.270228
	3	12.8556	29.6781	16.8225	0.275779
	เฉลี่ย				0.276040
8	1	12.8556	28.3382	15.4826	0.253813
	2	12.8556	28.4363	15.5807	0.255421
	3	12.8556	28.6952	15.8396	0.259666
	เฉลี่ย				0.256300
9	1	12.8556	37.0646	24.2090	0.396869
	2	12.8556	37.6354	24.7798	0.406226
	3	12.8556	37.5953	24.7397	0.405569
	เฉลี่ย				0.402888
10	1	12.8556	32.0257	19.1701	0.314264
	2	12.8556	31.9334	19.0778	0.312751
	3	12.8556	32.0320	19.1764	0.314367
	เฉลี่ย				0.313794
11	1	12.8556	31.8373	18.9817	0.311175
	2	12.8556	31.7852	18.9296	0.310321
	3	12.8556	32.0441	19.1885	0.314566
	เฉลี่ย				0.312021
12	1	12.8556	30.2224	17.3668	0.284702
	2	12.8556	30.6416	17.7860	0.291574
	3	12.8556	30.4846	17.6290	0.289000
	เฉลี่ย				0.288425
13	1	12.8556	34.0298	21.1742	0.347118
	2	12.8556	33.2990	20.4434	0.335138
	3	12.8556	34.0738	21.2182	0.347839
	เฉลี่ย				0.343365

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักถ้วย(g)	น้ำหนักตัวอย่าง(g)	น้ำหนักตัวอย่าง-ถ้วย (g)	ค่า Bulk Density (g/ml)
14	1	12.8556	33.3088	20.4532	0.335298
	2	12.8556	32.9603	20.1047	0.329585
	3	12.8556	32.7806	19.9250	0.326639
	เฉลี่ย				0.330508
15	1	12.8556	32.8548	19.9992	0.327856
	2	12.8556	32.3874	19.5318	0.320193
	3	12.8556	32.5045	19.6489	0.322113
	เฉลี่ย				0.323387



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 ค่า a_w ของเมล็ดสำรอง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่า a_w
1	1	25.0	0.630
	2	25.1	0.623
	3	24.9	0.610
	เฉลี่ย	25.0	0.621
2	1	24.9	0.601
	2	24.9	0.629
	3	25.0	0.616
	เฉลี่ย	24.933	0.615
3	1	25.1	0.607
	2	25.0	0.613
	3	25.1	0.603
	เฉลี่ย	25.1	0.608
4	1	25.0	0.599
	2	25.0	0.593
	3	25.0	0.590
	เฉลี่ย	25.0	0.594
5	1	25.2	0.583
	2	25.2	0.623
	3	25.1	0.613
	เฉลี่ย	25.2	0.606
6	1	25.1	0.592
	2	25.1	0.588
	3	25.4	0.576
	เฉลี่ย	25.2	0.585

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่า a_w
7	1	25.4	0.582
	2	25.3	0.547
	3	25.5	0.567
	เฉลี่ย	25.4	0.565
8	1	25.3	0.559
	2	25.6	0.589
	3	25.7	0.581
	เฉลี่ย	25.5	0.576
9	1	25.6	0.580
	2	25.7	0.583
	3	25.5	0.577
	เฉลี่ย	25.6	0.580
10	1	25.7	0.576
	2	26.2	0.58
	3	25.9	0.627
	เฉลี่ย	25.9	0.594
11	1	25.9	0.616
	2	25.8	0.613
	3	25.7	0.578
	เฉลี่ย	25.8	0.602
12	1	25.8	0.611
	2	26.1	0.601
	3	25.9	0.602
	เฉลี่ย	25.9	0.605
13	1	25.9	0.592
	2	25.9	0.602
	3	26.3	0.592
	เฉลี่ย	26.0	0.595

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่า a_w
14	1	25.3	0.562
	2	25.8	0.584
	3	25.9	0.580
	เฉลี่ย	25.7	0.575
15	1	25.7	0.576
	2	25.6	0.566
	3	25.7	0.565
	เฉลี่ย	25.7	0.569



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.8 ค่า α_w ของผงตำรอม

ตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่า α_w
1	1	24.7	0.2560
	2	24.7	0.3030
	3	24.7	0.3160
	เฉลี่ย		0.2917
2	1	24.7	0.2250
	2	24.7	0.2760
	3	24.7	0.2940
	เฉลี่ย		0.2650
3	1	24.6	0.3230
	2	24.6	0.3580
	3	24.7	0.3940
	เฉลี่ย		0.3583
4	1	24.6	0.3590
	2	24.6	0.3960
	3	24.7	0.4280
	เฉลี่ย		0.3943
5	1	24.7	0.4640
	2	24.7	0.4640
	3	24.7	0.4280
	เฉลี่ย		0.4520
6	1	24.6	0.3630
	2	24.6	0.3910
	3	24.7	0.4080
	เฉลี่ย		0.3873

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่า a_w
7	1	24.7	0.3570
	2	24.8	0.3600
	3	24.8	0.3570
	เฉลี่ย		0.4520
8	1	24.8	0.3730
	2	24.9	0.3710
	3	24.9	0.3890
	เฉลี่ย		0.3580
9	1	24.8	0.2930
	2	24.8	0.2910
	3	24.8	0.2900
	เฉลี่ย		0.3777
10	1	24.8	0.3250
	2	24.8	0.2950
	3	24.9	0.3030
	เฉลี่ย		0.3077
11	1	24.9	0.2380
	2	25.0	0.2570
	3	24.8	0.2200
	เฉลี่ย		0.2383
12	1	24.7	0.2660
	2	24.9	0.2780
	3	24.9	0.2690
	เฉลี่ย		0.2710
13	1	24.8	0.2410
	2	24.9	0.2540
	3	24.8	0.2580
	เฉลี่ย		0.2510

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่า a_w
14	1	24.7	0.2430
	2	24.8	0.2820
	3	24.9	0.2670
	เฉลี่ย		0.2640
15	1	24.8	0.2890
	2	24.7	0.2640
	3	24.7	0.2610
	เฉลี่ย		0.2713



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 ค่าสี่ของเมตริกตำรอง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	X	Y	Z	L	a	b	L*	a*	b*
1	1	9.230	8.720	5.080	29.530	6.010	9.450	35.440	8.290	16.340
	2	9.230	8.720	5.080	29.530	6.040	9.460	35.440	8.320	16.360
	3	9.220	8.720	5.080	29.530	5.990	9.440	35.440	8.250	16.320
	เฉลี่ย	9.227	8.720	5.080	29.530	6.013	9.450	35.440	8.287	16.340
2	1	9.230	8.730	5.230	29.550	5.950	9.150	35.460	8.200	15.690
	2	9.220	8.710	5.220	29.510	6.050	9.120	35.420	8.340	15.650
	3	9.230	8.690	5.230	29.480	6.180	9.080	35.390	8.510	15.560
	เฉลี่ย	9.227	8.710	5.227	29.513	6.060	9.117	35.423	8.350	15.633
3	1	9.120	8.610	5.140	29.340	6.060	9.110	35.210	8.370	15.680
	2	9.140	8.610	5.150	29.340	6.170	9.100	35.210	8.510	15.650
	3	9.140	8.610	5.140	29.350	6.110	9.130	35.230	8.440	15.710
	เฉลี่ย	9.133	8.610	5.143	29.343	6.113	9.113	35.217	8.440	15.680
4	1	9.180	8.660	5.170	29.420	6.130	9.130	35.310	8.460	15.700
	2	9.180	8.650	5.170	29.410	6.190	9.130	35.300	8.530	15.690
	3	9.190	8.650	5.160	29.410	6.190	9.140	35.310	8.530	15.720
	เฉลี่ย	9.183	8.653	5.167	29.413	6.170	9.133	35.307	8.507	15.703
5	1	9.760	9.310	5.460	30.520	5.640	9.700	36.580	7.710	16.560
	2	9.750	9.270	5.460	30.450	5.800	9.630	36.500	7.930	16.430
	3	9.780	9.290	5.460	30.490	5.850	9.670	36.550	7.990	16.500
	เฉลี่ย	9.763	9.290	5.460	30.487	5.763	9.667	36.543	7.877	16.497
6	1	9.600	9.170	5.430	30.290	5.500	9.510	36.310	7.560	16.240
	2	9.610	9.170	5.410	30.290	5.580	9.550	36.310	7.650	16.320
	3	9.600	9.170	5.390	30.290	5.500	9.590	36.310	7.550	16.400
	เฉลี่ย	9.603	9.170	5.410	30.290	5.527	9.550	36.310	7.587	16.320

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	X	Y	Z	L	a	b	L*	a*	b*
7	1	9.330	8.910	5.330	29.850	5.490	9.250	35.810	7.560	15.820
	2	9.320	8.910	5.340	29.850	5.380	9.230	35.810	7.420	15.780
	3	9.330	8.910	5.340	29.850	5.490	9.220	35.810	7.560	15.760
	เฉลี่ย	9.327	8.910	5.337	29.850	5.453	9.233	35.810	7.513	15.787
8	1	9.320	8.910	5.410	29.850	5.380	9.080	35.810	7.420	15.470
	2	9.320	8.910	5.410	29.850	5.410	9.080	35.810	7.460	15.470
	3	9.320	8.910	5.410	29.850	5.380	9.070	35.810	7.420	15.450
	เฉลี่ย	9.320	8.910	5.410	29.850	5.390	9.077	35.810	7.433	15.463
9	1	9.280	8.860	5.330	29.760	5.500	9.150	35.710	7.580	15.640
	2	9.280	8.860	5.340	29.760	5.470	9.150	35.710	7.540	15.640
	3	9.280	8.860	5.330	29.760	5.470	9.140	35.710	7.540	15.600
	เฉลี่ย	9.280	8.860	5.333	29.760	5.480	9.147	35.710	7.553	15.627
10	1	9.630	9.190	5.420	30.310	5.610	9.550	36.340	7.680	16.300
	2	9.620	9.190	5.410	30.310	5.530	9.580	36.340	7.580	16.380
	3	9.620	9.190	5.410	30.310	5.530	9.580	36.340	7.580	16.380
	เฉลี่ย	9.623	9.190	5.413	30.310	5.557	9.570	36.340	7.613	16.353
11	1	9.720	9.240	5.470	30.400	5.830	9.540	36.450	7.970	16.260
	2	9.720	9.240	5.470	30.400	5.830	9.530	36.440	7.970	16.240
	3	9.720	9.260	5.470	30.430	5.700	9.580	36.480	7.800	16.330
	เฉลี่ย	9.720	9.247	5.470	30.410	5.787	9.550	36.457	7.913	16.277
12	1	9.660	9.190	5.540	30.310	5.790	9.300	36.340	7.920	15.780
	2	9.650	9.190	5.520	30.310	5.760	9.340	36.340	7.890	15.860
	3	9.650	9.190	5.500	30.310	5.760	9.370	36.340	7.890	15.940
	เฉลี่ย	9.653	9.190	5.520	30.310	5.770	9.337	36.340	7.900	15.860
13	1	9.430	9.000	5.440	30.000	5.540	9.160	35.980	7.620	15.590
	2	9.430	8.990	5.470	29.980	5.570	9.100	35.960	7.660	15.460
	3	9.430	8.990	5.470	29.990	5.570	9.110	35.970	7.650	15.480
	เฉลี่ย	9.430	8.993	5.460	29.990	5.560	9.123	35.970	7.643	15.510

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	X	Y	Z	L	a	b	L*	a*	b*
7	1	9.330	8.910	5.330	29.850	5.490	9.250	35.810	7.560	15.820
	2	9.320	8.910	5.340	29.850	5.380	9.230	35.810	7.420	15.780
	3	9.330	8.910	5.340	29.850	5.490	9.220	35.810	7.560	15.760
	เฉลี่ย	9.327	8.910	5.337	29.850	5.453	9.233	35.810	7.513	15.787
8	1	9.320	8.910	5.410	29.850	5.380	9.080	35.810	7.420	15.470
	2	9.320	8.910	5.410	29.850	5.410	9.080	35.810	7.460	15.470
	3	9.320	8.910	5.410	29.850	5.380	9.070	35.810	7.420	15.450
	เฉลี่ย	9.320	8.910	5.410	29.850	5.390	9.077	35.810	7.433	15.463
9	1	9.280	8.860	5.330	29.760	5.500	9.150	35.710	7.580	15.640
	2	9.280	8.860	5.340	29.760	5.470	9.150	35.710	7.540	15.640
	3	9.280	8.860	5.330	29.760	5.470	9.140	35.710	7.540	15.600
	เฉลี่ย	9.280	8.860	5.333	29.760	5.480	9.147	35.710	7.553	15.627
10	1	9.630	9.190	5.420	30.310	5.610	9.550	36.340	7.680	16.300
	2	9.620	9.190	5.410	30.310	5.530	9.580	36.340	7.580	16.380
	3	9.620	9.190	5.410	30.310	5.530	9.580	36.340	7.580	16.380
	เฉลี่ย	9.623	9.190	5.413	30.310	5.557	9.570	36.340	7.613	16.353
11	1	9.720	9.240	5.470	30.400	5.830	9.540	36.450	7.970	16.260
	2	9.720	9.240	5.470	30.400	5.830	9.530	36.440	7.970	16.240
	3	9.720	9.260	5.470	30.430	5.700	9.580	36.480	7.800	16.330
	เฉลี่ย	9.720	9.247	5.470	30.410	5.787	9.550	36.457	7.913	16.277
12	1	9.660	9.190	5.540	30.310	5.790	9.300	36.340	7.920	15.780
	2	9.650	9.190	5.520	30.310	5.760	9.340	36.340	7.890	15.860
	3	9.650	9.190	5.500	30.310	5.760	9.370	36.340	7.890	15.940
	เฉลี่ย	9.653	9.190	5.520	30.310	5.770	9.337	36.340	7.900	15.860
13	1	9.430	9.000	5.440	30.000	5.540	9.160	35.980	7.620	15.590
	2	9.430	8.990	5.470	29.980	5.570	9.100	35.960	7.660	15.460
	3	9.430	8.990	5.470	29.990	5.570	9.110	35.970	7.650	15.480
	เฉลี่ย	9.430	8.993	5.460	29.990	5.560	9.123	35.970	7.643	15.510

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	X	Y	Z	L	a	b	L*	a*	b*
14	1	9.430	9.000	5.480	30.000	5.490	9.090	35.990	7.550	15.450
	2	9.430	9.000	5.480	30.000	5.510	9.090	35.990	7.580	15.430
	3	9.430	9.000	5.490	30.000	5.510	9.080	35.990	7.580	15.410
	เฉลี่ย	9.430	9.000	5.483	30.000	5.503	9.087	35.990	7.570	15.430
15	1	9.760	9.280	5.580	30.460	5.830	9.380	36.510	7.970	15.910
	2	9.750	9.280	5.550	30.460	5.760	9.440	36.510	7.870	16.030
	3	9.750	9.280	5.570	30.460	5.760	9.400	36.510	7.870	15.950
	เฉลี่ย	9.753	9.280	5.567	30.460	5.783	9.407	36.510	7.903	15.963



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.10 ค่าสีของเนื้อสำรอง

ตัวอย่าง	ครั้งที่	X	Y	Z	L	a	b	L*	a*	b*
1	1	1.600	1.550	1.160	12.450	1.990	2.650	12.910	3.680	5.670
	2	1.600	1.550	1.170	12.450	1.990	2.560	12.910	3.680	5.460
	3	1.600	1.550	1.160	12.450	1.990	2.650	12.910	3.680	5.670
	เฉลี่ย	1.600	1.550	1.163	12.450	1.990	2.620	12.910	3.680	5.600
2	1	1.580	1.520	1.230	12.350	1.990	2.140	12.760	3.690	4.490
	2	1.590	1.530	1.230	12.360	2.050	2.200	12.790	3.800	4.630
	3	1.590	1.520	1.230	12.330	1.680	2.120	12.730	3.140	4.440
	เฉลี่ย	1.587	1.523	1.230	12.347	1.907	2.153	12.760	3.543	4.520
3	1	1.960	1.820	1.190	13.500	3.170	3.710	14.530	5.650	8.050
	2	1.970	1.830	1.190	13.520	3.230	3.720	14.550	5.740	8.090
	3	1.970	1.820	1.170	13.500	3.290	3.780	14.530	5.840	8.250
	เฉลี่ย	1.967	1.823	1.183	13.507	3.230	3.737	14.537	5.743	8.130
4	1	1.790	1.690	1.180	12.990	2.650	3.180	13.750	4.810	6.850
	2	1.790	1.690	1.180	12.990	2.650	3.180	13.750	4.810	6.850
	3	1.790	1.690	1.180	12.990	2.650	3.180	13.750	4.810	6.850
	เฉลี่ย	1.790	1.690	1.180	12.990	2.650	3.180	13.750	4.810	6.850
5	1	1.630	1.590	1.230	12.590	1.800	2.440	13.140	3.340	5.150
	2	1.620	1.590	1.260	12.630	1.570	2.340	13.190	2.910	4.890
	3	1.600	1.600	1.230	12.640	1.270	2.500	13.220	2.360	5.280
	เฉลี่ย	1.617	1.593	1.240	12.620	1.547	2.427	13.183	2.870	5.107
6	1	1.520	1.470	1.180	12.140	1.800	2.160	12.450	3.380	4.560
	2	1.520	1.470	1.220	12.140	1.930	1.940	12.450	3.600	4.060
	3	1.520	1.470	1.210	12.140	1.800	2.030	12.450	3.380	4.260
	เฉลี่ย	1.520	1.470	1.203	12.140	1.843	2.043	12.450	3.453	4.293

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	X	Y	Z	L	a	b	L*	a*	b*
7	1	1.790	1.690	1.180	12.990	2.650	3.180	13.750	4.810	6.850
	2	1.790	1.690	1.180	12.990	2.650	3.180	13.750	4.810	6.850
	3	1.800	1.690	1.180	12.990	2.830	3.180	13.750	5.110	6.850
	เฉลี่ย	1.793	1.690	1.180	12.990	2.710	3.180	13.750	4.910	6.850
8	1	1.820	1.700	1.180	13.050	2.880	3.250	13.830	5.190	7.020
	2	1.830	1.690	1.180	13.000	3.170	3.200	13.770	5.200	6.890
	3	1.820	1.700	1.180	13.070	2.820	3.270	13.870	5.090	7.060
	เฉลี่ย	1.823	1.697	1.180	13.040	2.957	3.240	13.823	5.160	6.990
9	1	1.690	1.600	1.170	12.650	2.500	2.840	13.230	4.570	6.090
	2	1.660	1.600	1.170	12.650	2.140	2.840	13.230	3.940	6.090
	3	1.670	1.600	1.170	12.650	2.260	2.840	13.230	4.150	6.090
	เฉลี่ย	1.673	1.600	1.170	12.650	2.300	2.840	13.230	4.220	6.090
10	1	1.620	1.550	1.090	12.450	2.150	2.990	12.930	3.970	6.510
	2	1.620	1.560	1.090	12.490	2.030	3.020	12.980	3.750	6.600
	3	1.620	1.550	1.090	12.470	2.090	3.010	12.950	3.860	6.550
	เฉลี่ย	1.620	1.553	1.090	12.470	2.090	3.007	12.953	3.860	6.553
11	1	1.700	1.650	1.170	12.850	1.960	3.070	13.530	3.600	6.610
	2	1.700	1.630	1.180	12.760	2.260	2.890	13.410	4.130	6.190
	3	1.700	1.640	1.170	12.800	2.140	3.010	13.460	3.920	6.480
	เฉลี่ย	1.700	1.640	1.173	12.803	2.120	2.990	13.467	3.883	6.427
12	1	1.630	1.570	1.170	12.520	2.150	2.680	13.030	3.960	5.740
	2	1.640	1.560	1.170	12.500	2.330	2.660	13.000	4.290	5.700
	3	1.630	1.560	1.170	12.500	2.310	2.660	13.000	4.070	5.700
	เฉลี่ย	1.633	1.563	1.170	12.507	2.263	2.667	13.010	4.107	5.713
13	1	1.620	1.550	1.110	12.470	2.090	2.920	12.950	3.860	6.340
	2	1.610	1.550	1.110	12.440	2.090	2.860	12.900	3.870	6.200
	3	1.620	1.550	1.110	12.470	2.090	2.900	12.950	3.860	6.280
	เฉลี่ย	1.617	1.550	1.110	12.460	2.090	2.893	12.933	3.863	6.273

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	X	Y	Z	L	a	b	L*	a*	b*
14	1	1.680	1.600	1.170	12.650	2.440	2.840	13.230	4.470	6.090
	2	1.700	1.600	1.170	12.650	2.620	2.840	13.230	4.780	6.090
	3	1.680	1.600	1.150	12.650	2.320	2.920	13.230	4.260	6.300
	เฉลี่ย	1.687	1.600	1.163	12.650	2.460	2.867	13.230	4.503	6.160
15	1	1.630	1.560	1.170	12.500	2.150	2.660	13.000	3.970	5.700
	2	1.620	1.560	1.170	12.500	2.030	2.660	13.000	3.750	5.700
	3	1.620	1.560	1.170	12.500	2.030	2.660	13.000	3.750	5.700
	เฉลี่ย	1.623	1.560	1.170	12.500	2.070	2.660	13.000	3.823	5.700



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.11 ค่าสี่ของพวงสำรวจ

ตัวอย่าง	ครั้งที่	X	Y	Z	L	a	b	L*	a*	b*
1	1	7.930	7.370	5.000	27.140	6.440	6.970	32.630	9.080	11.850
	2	7.950	7.370	5.000	27.160	6.530	7.010	32.650	9.190	11.920
	3	7.940	7.370	5.000	27.160	6.470	7.010	32.650	9.110	11.920
	เฉลี่ย	7.940	7.370	5.000	27.153	6.480	6.997	32.643	9.127	11.897
2	1	8.550	7.930	5.230	28.160	6.750	7.590	33.830	9.390	12.860
	2	8.550	7.930	5.250	28.160	6.750	7.560	33.830	9.390	12.790
	3	8.550	7.930	5.260	28.160	6.810	7.520	33.830	9.470	12.720
	เฉลี่ย	8.550	7.930	5.247	28.160	6.770	7.557	33.830	9.417	12.790
3	1	19.870	18.910	11.450	43.490	8.260	13.270	50.580	10.020	19.950
	2	19.870	18.910	11.450	43.480	8.270	13.270	50.580	10.050	19.940
	3	19.870	18.910	11.450	43.480	8.260	13.270	50.580	10.020	19.940
	เฉลี่ย	19.870	18.910	11.450	43.483	8.263	13.270	50.580	10.030	19.943
4	1	22.510	21.610	13.460	46.490	8.030	13.660	53.610	9.560	19.910
	2	22.520	21.610	13.460	46.490	8.040	13.660	53.610	9.580	19.920
	3	22.510	21.610	13.460	46.490	8.010	13.660	53.610	9.540	19.910
	เฉลี่ย	22.513	21.610	13.460	46.490	8.027	13.660	53.610	9.560	19.913
5	1	9.740	9.100	5.980	30.160	6.820	8.180	36.170	9.300	13.550
	2	9.720	9.100	5.980	30.160	6.720	8.180	36.170	9.170	13.550
	3	9.730	9.100	5.980	30.160	6.770	8.170	36.170	9.230	13.580
	เฉลี่ย	9.730	9.100	5.980	30.160	6.770	8.177	36.170	9.233	13.560
6	1	10.310	9.710	6.400	31.160	6.550	8.410	37.320	8.850	13.780
	2	10.310	9.710	6.390	31.160	6.570	8.440	37.320	8.880	13.830
	3	10.310	9.710	6.400	31.160	6.520	8.420	37.320	8.820	13.800
	เฉลี่ย	10.310	9.710	6.397	31.160	6.547	8.423	37.320	8.850	13.803

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	X	Y	Z	L	a	b	L*	a*	b*
7	1	18.930	18.030	10.720	42.460	7.990	13.260	49.530	9.780	20.200
	2	18.940	18.020	10.730	42.450	8.050	13.240	49.520	9.830	20.160
	3	18.930	18.040	10.730	42.470	7.960	13.250	49.540	9.740	20.280
	เฉลี่ย	18.933	18.030	10.727	42.460	8.000	13.250	49.530	9.783	20.213
8	1	18.890	17.990	10.830	42.410	7.990	13.030	49.480	9.790	19.790
	2	18.900	17.990	10.830	42.410	8.030	13.030	49.480	9.830	19.790
	3	18.890	17.990	10.830	42.410	7.990	13.030	49.480	9.790	19.790
	เฉลี่ย	18.893	17.990	10.830	42.410	8.003	13.030	49.480	9.803	19.790
9	1	13.560	12.760	7.490	35.730	7.550	11.330	42.400	9.750	18.350
	2	13.570	12.760	7.490	35.730	7.570	11.330	42.400	9.780	18.350
	3	13.560	12.760	7.490	35.730	7.530	11.330	42.400	9.720	18.350
	เฉลี่ย	13.563	12.760	7.490	35.730	7.550	11.330	42.400	9.750	18.350
10	1	14.130	13.320	8.120	36.500	7.600	11.050	43.250	9.750	17.580
	2	14.130	13.320	8.120	36.500	7.620	11.050	43.240	9.770	17.570
	3	14.140	13.320	8.110	36.500	7.620	11.070	43.250	9.770	17.610
	เฉลี่ย	14.133	13.320	8.117	36.500	7.613	11.057	43.247	9.763	17.587
11	1	17.250	16.420	9.970	40.520	7.690	12.310	47.510	9.560	18.920
	2	17.260	16.420	9.950	40.520	7.630	12.340	47.510	9.600	18.990
	3	17.250	16.420	9.950	40.520	7.670	12.350	47.520	9.540	19.000
	เฉลี่ย	17.253	16.420	9.957	40.520	7.663	12.333	47.513	9.567	18.970
12	1	14.640	13.810	8.260	37.160	7.670	11.510	43.960	9.790	18.290
	2	14.650	13.810	8.260	37.160	7.720	11.510	43.960	9.840	18.290
	3	14.650	13.810	8.260	37.160	7.740	11.520	43.960	9.870	18.310
	เฉลี่ย	14.647	13.810	8.260	37.160	7.710	11.513	43.960	9.833	18.297
13	1	14.410	13.570	8.040	36.840	7.720	11.560	43.620	9.870	18.480
	2	14.410	13.580	8.010	36.850	7.680	11.620	43.630	9.820	18.590
	3	14.410	13.590	8.050	36.860	7.680	11.570	43.630	9.820	18.490
	เฉลี่ย	14.410	13.580	8.033	36.850	7.693	11.583	43.627	9.837	18.520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ครั้งที่	X	Y	Z	L	a	b	L*	a*	b*
14	1	14.330	13.520	7.990	36.770	7.580	11.560	43.540	9.700	18.510
	2	14.350	13.520	8.010	36.770	7.700	11.540	43.540	9.860	18.460
	3	14.330	13.520	8.020	36.760	7.600	11.500	43.530	9.730	18.390
	เฉลี่ย	14.337	13.520	8.007	36.767	7.627	11.533	43.537	9.763	18.453
15	1	14.350	13.510	7.840	36.750	7.770	11.810	43.520	9.930	19.000
	2	14.360	13.510	7.840	36.750	7.790	11.810	43.520	9.960	19.000
	3	14.340	13.520	7.860	36.760	7.680	11.790	43.530	9.830	18.970
	เฉลี่ย	14.350	13.513	7.847	36.753	7.747	11.803	43.523	9.907	18.990



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.12 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้ของผงสำรอง

ตัวอย่าง	น้ำหนัก เมล็ดแห้ง (กรัม)	ปริมาตร น้ำ(ลิตร)	น้ำหนัก หลังแช่ (กรัม)	น้ำหนัก มอลโต เด็กซ์ตริน (กรัม)	ความชื้น เนื้อฐาน เปียก	น้ำหนัก ผงที่ได้	% Yield
1	300.84	15	3277.88	0	97.3744	58.59	68.077
2	300.31	15	3553.97	0	98.2476	52.82	84.8102
3	300.67	15	3314.6	350	90.8578	275.01	82.0866
4	300.96	15	3605.65	350	90.0745	343.02	87.3674
5	300	15	3817.52	0	97.892	51.56	64.0709
6	300.28	15	3325.89	0	97.8338	57.8	80.2283
7	300.36	15	3270.82	350	90.3184	289.03	82.4496
8	300.96	15	3624.36	350	90.5239	269.28	71.5001
9	300.38	15	3807.74	150	95.3295	136.37	73.7748
10	300.63	15	3518.27	150	94.4386	170.62	83.6345
11	300.87	15	3864.07	150	94.7211	173.68	81.9641
12	300.56	15	3412.38	150	94.4957	167.15	85.2437
13	300.98	15	3592.48	150	94.3693	145.01	68.8135
14	300.5	15	3264.01	150	93.8476	149.39	71.1239
15	300.98	15	3311.86	150	93.8783	169.96	80.1984

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.13 ความสามารถในการละลายน้ำและการดูดซับน้ำ

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนัก ก่อนเข้า centrifuge	น้ำหนัก ถ้วย	น้ำหนัก หลอด	น้ำหนักส่วน ขึ้น+หลอด	น้ำหนัก ส่วนขึ้น	น้ำหนักแห้งออกจากตู้อบรวมด้วย				น้ำหนักแห้ง ทั้งหมด	WAI	WSI
							ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย			
1	1	0.5371	13.0374	13.1537	34.9009	21.7472	13.0737	13.0757	13.0736	13.0743	0.0369	40.49	6.8764
	2	0.5566	12.7946	13.1537	36.2068	23.0531	12.8338	12.8365	12.8345	12.8349	0.0403	41.4177	7.2464
	3	0.5515	12.8968	13.1537	35.1329	21.9792	12.9616	12.963	12.9617	12.9621	0.0653	39.8535	11.8404
2	1	0.5696	12.9204	13.1537	34.4955	21.3418	12.9616	12.963	12.9617	12.9621	0.0417	37.468	7.3209
	2	0.5589	12.9308	13.1537	34.0003	20.8466	13.0091	13.0087	13.0087	13.0088	0.078	37.2993	13.9619
	3	0.5279	12.5906	13.1537	34.2698	21.1161	12.6526	12.6334	12.6337	12.6399	0.0493	40.0002	9.3389
3	1	0.5116	12.9977	13.1537	20.8482	7.6945	13.238	13.235	13.237	13.2367	0.239	15.0401	46.7097
	2	0.5344	13.1955	13.1537	21.7381	8.5844	13.4443	13.4425	13.4434	13.4434	0.2479	16.0636	46.3885
	3	0.5355	12.9905	13.1537	21.3222	8.1685	13.2625	13.2618	13.2633	13.2625	0.272	15.254	50.7999
4	1	0.532	12.7237	13.1537	20.2997	7.146	12.9804	12.9782	12.9797	12.9794	0.2557	13.4323	48.0702
	2	0.5192	13.1257	13.1537	20.1412	6.9875	13.4077	13.4085	13.4065	13.4076	0.2819	13.4582	54.2886
	3	0.5213	13.1264	13.1537	19.8722	6.7185	13.387	13.3863	13.3847	13.386	0.2596	12.888	49.7986

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนัก ก่อนเข้า centrifuge	น้ำหนัก ถ้วย	น้ำหนัก หลอด	น้ำหนักส่วน ขึ้น+หลอด	น้ำหนัก ส่วนขึ้น	น้ำหนักแห้งออกจากตู้อบรวมถ้วย				น้ำหนักแห้ง ทั้งหมด	WAI	WSI
							ครั้ง 1	ครั้ง 2	ครั้ง 3	เฉลี่ย			
5	1	0.5136	12.6987	13.1537	34.8582	21.7045	12.7741	12.7743	12.7743	12.7742	0.0755	42.2595	14.7066
	2	0.5124	12.8346	13.1537	35.3841	22.2304	12.8722	12.8721	12.8715	12.8719	0.0373	43.3849	7.286
	3	0.5154	12.6157	13.1537	35.6448	22.4911	12.6496	12.648	12.649	12.6489	0.0332	43.6381	6.4351
6	1	0.5076	12.9865	13.1537	32.5294	19.3757	13.0373	13.038	13.0354	13.0369	0.0504	38.1712	9.9291
	2	0.5041	12.9922	13.1537	32.9795	19.8258	13.0314	13.0311	13.0307	13.0311	0.0389	39.3291	7.7101
	3	0.5039	12.9756	13.1537	32.444	19.2903	13.0065	12.9986	12.9983	13.0011	0.0255	38.282	5.0671
7	1	0.5729	12.8312	13.1537	22.0277	8.874	13.1068	13.1078	13.1074	13.1073	0.2761	15.4896	48.1992
	2	0.5328	12.8995	13.1537	21.3784	8.2247	13.1727	13.1737	13.1726	13.173	0.2735	15.4367	51.3326
	3	0.5359	12.6552	13.1537	21.2654	8.1117	12.8862	12.8835	12.8879	12.8859	0.2307	15.1366	43.0429
8	1	0.5675	12.9121	13.1537	21.8309	8.6772	13.1263	13.1216	13.1259	13.1246	0.2125	15.2902	37.4449
	2	0.5868	12.6395	13.1537	22.4625	9.3088	12.8941	12.8957	12.8949	12.8949	0.2554	15.8637	43.5242
	3	0.5473	12.9027	13.1537	21.6268	8.4731	13.1746	13.1771	13.1758	13.1758	0.2731	15.4816	49.9056

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนัก ก่อนเข้า centrifuge	น้ำหนัก ถ้วย	น้ำหนัก หลอด	น้ำหนักส่วน ชั้น+หลอด	น้ำหนัก ส่วนชั้น	น้ำหนักแห้งออกจากตู้อบรวมถ้วย				น้ำหนักแห้ง ทั้งหมด	WAI	WSI
							ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย			
9	1	0.5714	13.0356	13.1537	28.0948	14.9411	13.1835	13.1872	13.1854	13.1854	0.1498	26.1482	26.2105
	2	0.5422	13.0307	13.1537	24.8875	11.7338	13.1719	13.1718	13.1725	13.1721	0.1414	21.6411	26.0728
	3	0.5502	12.8794	13.1537	27.8814	14.7277	13.0173	13.0176	13.0183	13.0177	0.1383	26.7679	25.1424
10	1	0.5843	12.9232	13.1537	27.8787	14.725	13.1027	13.1035	13.1049	13.1037	0.1805	25.2011	30.8917
	2	0.5443	12.9171	13.1537	26.1445	12.9908	13.1055	13.107	13.106	13.1062	0.1891	23.867	34.7357
	3	0.5606	13.0406	13.1537	26.9986	13.8449	13.2045	13.2074	13.2053	13.2057	0.1651	24.6966	29.4565
11	1	0.5249	13.1088	13.1537	26.6382	13.4845	13.2915	13.29	13.2896	13.2904	0.1816	25.6897	34.5907
	2	0.5674	13.1312	13.1537	26.9169	13.7632	13.3001	13.2981	13.298	13.2987	0.1675	24.2566	29.5265
	3	0.5682	12.9622	13.1537	26.2922	13.1385	13.1402	13.1387	13.1367	13.1385	0.1763	23.123	31.0337
12	1	0.5028	12.9333	13.1537	25.1302	11.9765	13.1187	13.1156	13.1155	13.1166	0.1833	23.8196	36.4558
	2	0.5777	12.6474	13.1537	27.034	13.8803	12.8218	12.8218	12.8218	12.8218	0.1744	24.0268	30.1887
	3	0.5432	13.0766	13.1537	25.8136	12.6599	13.2659	13.2626	13.2626	13.2637	0.1871	23.3061	34.444

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนัก ก่อนเข้า centrifuge	น้ำหนัก ถ้วย	น้ำหนัก หลอด	น้ำหนักส่วน ขึ้น+หลอด	น้ำหนัก ส่วนขึ้น	น้ำหนักแห้งออกจากตู้อบรวมถ้วย				น้ำหนักแห้ง ทั้งหมด	WAI	WSI
							ครั้ง 1	ครั้ง 2	ครั้ง 3	เฉลี่ย			
13	1	0.5011	12.7312	13.1537	25.7063	12.5526	12.9126	12.9149	12.9127	12.9134	0.1822	25.0501	36.36
	2	0.5857	13.2428	13.1537	27.8377	14.684	13.4322	13.4326	13.4326	13.4325	0.1897	25.0709	32.3829
	3	0.5419	12.7609	13.1537	26.6217	13.468	12.9453	12.9467	12.946	12.946	0.1851	24.8533	34.1576
14	1	0.5042	13.0772	13.1537	25.9313	12.7776	13.2748	13.2751	13.2741	13.2747	0.1975	25.3423	39.1644
	2	0.5303	13.2609	13.1537	26.5982	13.4445	13.4407	13.4437	13.4425	13.4423	0.1814	25.3526	34.2071
	3	0.5232	12.6592	13.1537	24.3815	11.2278	12.8592	12.8617	12.8596	12.8602	0.201	21.4599	38.4111
15	1	0.5745	12.597	13.1537	26.9782	13.8245	12.7886	12.789	12.789	12.7889	0.1919	24.0635	33.3972
	2	0.5194	12.5831	13.1537	25.9272	12.7735	12.7685	12.7703	12.7703	12.7697	0.1866	24.5928	35.9261
	3	0.5785	12.9012	13.1537	26.9109	13.7572	13.0778	13.0792	13.0792	13.0787	0.1775	23.7808	30.6886

ตารางที่ ก.14 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งที่สภาวะการทดลองต่างๆ

ตัวอย่าง	น้ำหนัก เมล็ดแห้ง (กรัม)	น้ำหนัก หลังแช่ (กรัม)	น้ำหนัก แห้ง (กรัม)	น้ำหนัก ผงที่ได้	% Yield	Density (g/ml)	Aw
1	300.84	3277.88	86.0643	58.59	68.077	0.270±0.0041	0.292±0.0316
2	300.31	3553.97	62.2803	52.82	84.8102	0.217±0.0019	0.265±0.0358
3	300.67	3314.6	335.0244	275.01	82.0866	0.315±0.0013	0.358±0.0355
4	300.96	3605.65	392.618	343.02	87.3674	0.286±0.0051	0.394±0.0345
5	300	3817.52	80.4733	51.56	64.0709	0.247±0.0032	0.452±0.0208
6	300.28	3325.89	72.0444	57.8	80.2283	0.193±0.0015	0.387±0.0227
7	300.36	3270.82	350.5534	289.03	82.4496	0.276±0.0059	0.358±0.0017
8	300.96	3624.36	376.6151	269.28	71.5001	0.256±0.0030	0.378±0.0099
9	300.38	3807.74	184.8464	136.37	73.7748	0.403±0.0052	0.291±0.0015
10	300.63	3518.27	204.0066	170.62	83.6345	0.314±0.0009	0.308±0.0015
11	300.87	3864.07	211.8977	173.68	81.9641	0.312±0.0022	0.238±0.0185
12	300.56	3412.38	196.0848	167.15	85.2437	0.288±0.0035	0.271±0.0062
13	300.98	3592.48	210.7291	145.01	68.8135	0.343±0.0071	0.251±0.0089
14	300.5	3264.01	210.042	149.39	71.1239	0.331±0.0044	0.264±0.0197
15	300.98	3311.86	211.9244	169.96	80.1984	0.323±0.0040	0.271±0.0154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.15 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งที่สภาวะการทดลองต่างๆ

No.	% wb	color			ความสามารถ ในการดูดซับ น้ำ	ความสามารถ ในการละลาย น้ำ
		L	a	b		
1	7.4303±0.293	27.15±0.012	6.480±0.046	7.00±0.023	40.587±0.786	8.654±2.765
2	6.8584±0.417	28.16±0.000	6.77±0.035	7.56±0.035	38.256±1.513	10.207±3.404
3	4.1499±0.372	43.47±0.006	8.26±0.006	13.27±0.00	15.453±0.539	47.966±2.459
4	2.8989±0.136	46.49±0.000	8.03±0.015	13.66±0.00	13.26±0.322	50.719±3.209
5	9.0188±0.120	30.16±0.000	6.72±0.050	8.17±0.006	43.094±0.733	9.476±4.549
6	7.1639±0.383	31.16±0.000	6.52±0.025	8.43±0.015	38.594±0.638	7.569±2.434
7	3.0415±0.430	42.47±0.010	7.97±0.046	13.24±0.01	15.354±0.190	47.525±4.185
8	3.3921±0.873	42.41±0.000	8.00±0.023	13.03±0.00	15.545±0.292	43.625±6.230
9	2.9664±1.378	35.73±0.000	7.53±0.020	11.33±0.00	24.852±2.793	25.809±0.581
10	3.4742±0.251	36.50±0.000	7.63±0.012	11.08±0.01	24.588±0.673	31.695±2.729
11	2.5192±0.064	40.52±0.000	7.64±0.031	12.37±0.02	24.356±1.286	31.717±2.600
12	2.7790±0.145	37.16±0.000	7.78±0.036	11.52±0.00	23.718±0.371	33.696±3.199
13	2.7173±0.283	36.87±0.010	7.65±0.023	11.59±0.03	24.991±0.120	34.3±1.992
14	2.3910±0.424	36.76±0.006	7.65±0.064	11.47±0.03	24.052±2.445	37.261±2.671
15	2.3213±0.314	36.75±0.006	7.66±0.059	11.78±0.01	23.983±0.412	33.965±2.348

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข**รายละเอียดผลการวิเคราะห์ทางสถิติ**

- ข้อมูลแสดงค่าวิเคราะห์ทางสถิติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์
ในรูปแบบ 2nd polynomial equation

สัมประสิทธิ์	% wb	%Yield	ความ หนาแน่น รวม	การ ละลาย (WSI)	การดูด ซับ (WAI)	Color		
						ค่า L	ค่า a	ค่า b
a 0	26.0000	1106.6438	1.3179	-157.8925	-31.5876	108.9508	3.8111	-19.0171
a 1	-70.5364	215.1951	2.6634	463.5724	-296.0010	33.1479	62.4694	98.4500
a 2	-0.2103	-16.5120	-0.0274	2.2739	1.3526	-0.8858	0.0145	0.4984
a 3	-0.2596	-2.9668	0.0293	1.1511	-0.3597	-1.3322	0.0371	-0.2217
a 11	1115.4469	122.9296	-29.3103	-1893.795	1262.9843	-279.666	-121.611	-421.500
a 22	0.0007	-0.0690	0.0001	-0.0105	-0.0061	0.0023	0.0000	-0.0022
a 33	0.0027	0.0061	-0.0001	-0.0236	0.0045	0.0032	-0.0004	0.0009
a 12	-0.3396	-5.7262	0.0120	0.6001	0.0691	1.0000	-0.2633	-0.0850
a 13	-0.9190	11.2946	-0.0143	0.8303	-1.9546	0.4375	-0.0944	0.1944
a 23	0.0005	-0.0137	-0.0001	0.0081	0.0008	0.0086	0.0000	0.0011
R ²	0.9771	0.8625	0.9843	0.9886	0.9975	0.9626	0.9914	0.9831
SE	0.5621	4.5810	0.0109	2.6705	0.8228	1.8579	0.0889	0.4774
P (Sig F)	0.0014	0.0913	0.0006	0.0002	0.0000	0.0046	0.0001	0.0007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของความขึ้นของผลิตภัณฑ์สำรวจผง

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.988502641
R Square	0.977137472
Adjusted R Square	0.935984922
Standard Error	0.562063684
Observations	15

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	9	67.51067932	7.5011866	23.744275	0.001389766
Residual	5	1.579577927	0.3159156		
Total	14	69.09025725			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	25.99999686	44.68801452	0.58181	0.585938	-88.874201	140.874195	-88.874201	140.874195
X Variable 1	-70.53637556	71.94611843	-0.98041	0.371911	-255.479761	114.407010	-255.479761	114.407010
X Variable 2	-0.210289591	0.711246913	-0.29566	0.779372	-2.038608	1.618029	-2.038608	1.618029
X Variable 3	-0.259585343	0.339836615	-0.76385	0.479428	-1.133163	0.613992	-1.133163	0.613992
X Variable 4	1115.446942	117.0028861	9.53350	0.000215	814.681448	1416.212436	814.681448	1416.212436
X Variable 5	0.000692381	0.002925072	0.23671	0.822277	-0.006827	0.008212	-0.006827	0.008212
X Variable 6	0.002701003	0.0020313	1.32969	0.241051	-0.002521	0.007923	-0.002521	0.007923
X Variable 7	-0.339566925	0.562063684	-0.60414	0.572110	-1.784398	1.105264	-1.784398	1.105264
X Variable 8	-0.918984217	0.468386404	-1.96202	0.107011	-2.123010	0.285041	-2.123010	0.285041
X Variable 9	0.00051679	0.002341932	0.22067	0.834078	-0.005503	0.006537	-0.005503	0.006537

ตารางที่ ข.3 แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์สำเร็จ (%Yield)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.9287135
R Square	0.862508766
Adjusted R Square	0.615024544
Standard Error	4.581034241
Observations	15

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	9	658.2419964	73.1379996	3.485106082	0.091347009
Residual	5	104.9293736	20.98587472		
Total	14	763.1713699			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	1106.643785	364.2244293	3.038356838	0.028804812	170.3750834	2042.912487	170.3750834	2042.912487
X Variable 1	215.1950956	586.3884132	0.366983881	0.728650623	-1292.164308	1722.554499	-1292.164308	1722.554499
X Variable 2	-16.51200645	5.796934677	-2.848403056	0.035890865	-31.41350142	-1.610511469	-31.41350142	-1.610511469
X Variable 3	-2.96684488	2.769798537	-1.071141038	0.333063191	-10.08683868	4.153148925	-10.08683868	4.153148925
X Variable 4	122.9296313	953.6183221	0.12890863	0.902454818	-2328.424305	2574.283567	-2328.424305	2574.283567
X Variable 5	0.06899383	0.023840458	2.893980868	0.034028508	0.007709981	0.130277678	0.007709981	0.130277678
X Variable 6	0.006085626	0.016555874	0.367581093	0.728232015	-0.036472602	0.048643854	-0.036472602	0.048643854
X Variable 7	-5.726182863	4.581034241	-1.249976001	0.266624282	-17.50210627	6.049740541	-17.50210627	6.049740541
X Variable 8	11.29455659	3.817528534	2.958604366	0.031569758	1.481287086	21.10782609	1.481287086	21.10782609
X Variable 9	0.013708643	0.019087643	0.718194683	0.504786535	-0.035357704	0.062774991	-0.035357704	0.062774991

ตารางที่ ข.4 แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของความหนาแน่นรวมของผลิตภัณฑ์สำรวจผง

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.992128858
R Square	0.984319671
Adjusted R Square	0.956095078
Standard Error	0.01093977
Observations	15

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	9	0.037563613	0.004173735	34.87453908	0.000551316
Residual	5	0.000598393	0.000119679		
Total	14	0.038162005			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	1.3180	0.869788611	1.515254207	0.190140639	-0.917911952	3.553813655	-0.917911952	3.553813655
X Variable 1	2.6635	1.400328815	1.902050423	0.115558852	-0.936163799	6.26315583	-0.936163799	6.26315583
X Variable 2	-0.0274	0.013843409	-1.977989728	0.10484723	-0.062967737	0.008203495	-0.062967737	0.008203495
X Variable 3	0.0293	0.006614436	4.430525148	0.006824743	0.012302476	0.046308375	0.012302476	0.046308375
X Variable 4	-29.3103	2.277294682	-12.87068657	5.04206E-05	-35.16431843	-23.45637374	-35.16431843	-23.45637374
X Variable 5	0.0001	5.69324E-05	2.243282657	0.074905436	-1.86339E-05	0.000274065	-1.86339E-05	0.000274065
X Variable 6	-0.0001	3.95364E-05	-2.79447513	0.038242207	-0.000212115	-8.85193E-06	-0.000212115	-8.85193E-06
X Variable 7	0.0120	0.01093977	1.098838319	0.321911453	-0.016100535	0.040142612	-0.016100535	0.040142612
X Variable 8	-0.0143	0.009116475	-1.566076251	0.178108622	-0.037711739	0.00915755	-0.037711739	0.00915755
X Variable 9	-0.0001	4.55824E-05	-2.993589532	0.030321871	-0.000253628	-1.92817E-05	-0.000253628	-1.92817E-05

ตารางที่ ข.5 แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของความสามารถในการละลายน้ำของผลิตภัณฑ์ตำรองผง

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.994304551
R Square	0.988641541
Adjusted R Square	0.968196314
Standard Error	2.670540726
Observations	15

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	9	3103.75793	344.8619922	48.3556162	0.000248908
Residual	5	35.65893885	7.131787769		
Total	14	3139.416868			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-157.8925091	212.3267631	-0.743629804	0.490545796	-703.6958292	387.910811	-703.6958292	387.910811
X Variable 1	463.5723628	341.838558	1.356114903	0.233088017	-415.1516247	1342.29635	-415.1516247	1342.29635
X Variable 2	2.273871837	3.379357003	0.672871151	0.530869015	-6.413041887	10.96078556	-6.413041887	10.96078556
X Variable 3	1.151058091	1.61467027	0.712875014	0.507801158	-2.999583974	5.301700157	-2.999583974	5.301700157
X Variable 4	-1893.7951	555.917383	-3.406612489	0.019113421	-3322.826226	-464.7639736	-3322.826226	-464.7639736
X Variable 5	-0.010540245	0.013897935	-0.758403669	0.482406259	-0.046266023	0.025185534	-0.046266023	0.025185534
X Variable 6	-0.023556283	0.009651343	-2.440725796	0.058601325	-0.048365851	0.001253285	-0.048365851	0.001253285
X Variable 7	0.600144789	2.670540726	0.224727817	0.831086309	-6.26469869	7.464988268	-6.26469869	7.464988268
X Variable 8	0.830348437	2.225450605	0.373114746	0.724358398	-4.890354463	6.551051336	-4.890354463	6.551051336
X Variable 9	0.008139326	0.011127253	0.731476653	0.497314352	-0.020464189	0.03674284	-0.020464189	0.03674284

ตารางที่ ข.6 แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของความสามารถในการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์สำรองผง

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.998726591
R Square	0.997454805
Adjusted R Square	0.992873453
Standard Error	0.822839578
Observations	15

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	9	1326.699097	147.4110108	217.7206282	6.04853E-06
Residual	5	3.385324854	0.677064971		
Total	14	1330.084422			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-31.58756401	65.42153144	-0.482831314	0.649613569	-199.7589643	136.5838363	-199.7589643	136.5838363
X Variable 1	-296.0010209	105.3263453	-2.810322716	0.037533956	-566.7510109	-25.25103089	-566.7510109	-25.25103089
X Variable 2	1.35261648	1.041238077	1.299046309	0.250603078	-1.323971206	4.029204166	-1.323971206	4.029204166
X Variable 3	-0.359739546	0.497507711	-0.723083358	0.502027177	-1.638623831	0.919144738	-1.638623831	0.919144738
X Variable 4	1262.984283	171.2877172	7.373466721	0.000721031	822.6751882	1703.293377	822.6751882	1703.293377
X Variable 5	-0.006108364	0.004282193	-1.426457018	0.213074739	-0.017116092	0.004899363	-0.017116092	0.004899363
X Variable 6	0.004495541	0.002973745	1.511744067	0.191000235	-0.003148714	0.012139797	-0.003148714	0.012139797
X Variable 7	0.069085978	0.822839578	0.083960446	0.936345825	-2.046090494	2.184262449	-2.046090494	2.184262449
X Variable 8	-1.954556979	0.685699648	-2.850456442	0.035804563	-3.717204039	-0.19190992	-3.717204039	-0.19190992
X Variable 9	0.000780641	0.003428498	0.227691926	0.828903621	-0.008032594	0.009593877	-0.008032594	0.009593877

ตารางที่ ข.7 แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของความค้ำว้างของผลิตภัณฑ์สำรองผง

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.981097537
R Square	0.962552377
Adjusted R Square	0.895146655
Standard Error	1.857899501
Observations	15

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	9	443.6235109	49.29150121	14.27998032	0.004598209
Residual	5	17.25895278	3.451790556		
Total	14	460.8824637			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	108.9507813	147.7160724	0.737568902	0.493913138	-270.765471	488.667	-270.765	488.667
X Variable 1	33.14791667	237.8176375	0.139383761	0.894587254	-578.1817822	644.4776	-578.182	644.4776
X Variable 2	-0.885802083	2.351024131	-0.376772859	0.721802794	-6.929302006	5.157698	-6.9293	5.157698
X Variable 3	-1.332222222	1.123328718	-1.185959374	0.28891921	-4.219830618	1.555386	-4.21983	1.555386
X Variable 4	-279.6666667	386.7526222	-0.723115115	0.502009287	-1273.845932	714.5126	-1273.85	714.5126
X Variable 5	0.002308333	0.009668816	0.238740032	0.820783675	-0.022546148	0.027163	-0.02255	0.027163
X Variable 6	0.003171296	0.006714455	0.472308799	0.656601795	-0.01408876	0.020431	-0.01409	0.020431
X Variable 7	1	1.857899501	0.538242246	0.613496426	-3.775882708	5.775883	-3.77588	5.775883
X Variable 8	0.4375	1.548249584	0.282577179	0.788825332	-3.542402256	4.417402	-3.5424	4.417402
X Variable 9	0.008604167	0.007741248	1.111470238	0.316933079	-0.011295345	0.028504	-0.0113	0.028504

ตารางที่ ข.8 แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์ตำรองผง

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.99567552
R Square	0.991369742
Adjusted R Square	0.975835277
Standard Error	0.088899652
Observations	15

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	9	4.539227963	0.504358663	63.81743744	0.000126119
Residual	5	0.039515741	0.007903148		
Total	14	4.578743704			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	3.811139323	7.068147356	0.539199189	0.612883033	-14.35811188	21.98039052	-14.35811188	21.98039052
X Variable 1	62.46944444	11.37946656	5.489663696	0.002737589	33.21759442	91.72129447	33.21759442	91.72129447
X Variable 2	0.014510417	0.112495443	0.128986706	0.902396129	-0.274668326	0.303689159	-0.274668326	0.303689159
X Variable 3	0.037132523	0.053750772	0.690827719	0.520427968	-0.101038235	0.175303281	-0.101038235	0.175303281
X Variable 4	-121.6111111	18.50593832	-6.571464198	0.001224215	-169.18214	-74.04008223	-169.18214	-74.04008223
X Variable 5	1.38889E-06	0.000462648	0.003002039	0.997720816	-0.001187887	0.001190665	-0.001187887	0.001190665
X Variable 6	-0.00038098	0.000321284	-1.185805554	0.288974731	-0.001206866	0.000444906	-0.001206866	0.000444906
X Variable 7	-0.263333333	0.088899652	-2.962141325	0.031441026	-0.491857164	-0.034809502	-0.491857164	-0.034809502
X Variable 8	-0.094444444	0.074083043	-1.274845634	0.258391077	-0.28488097	0.095992081	-0.28488097	0.095992081
X Variable 9	3.47222E-05	0.000370415	0.09373865	0.928957169	-0.00091746	0.000986905	-0.00091746	0.000986905

ตารางที่ ข.9 แสดงผลวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเป็นอิสระของผลิตภัณฑ์สำรวจผง

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.991498853
R Square	0.983069975
Adjusted R Square	0.95259593
Standard Error	0.477405604
Observations	15

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	9	66.17163426	7.352403807	32.25925438	0.000665714
Residual	5	1.139580556	0.227916111		
Total	14	67.31121481			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-19.01707682	37.95710197	-0.501014984	0.637633401	-116.5889136	78.55475999	-116.5889136	78.55475999
X Variable 1	98.45	61.10958795	1.611040154	0.168087319	-58.63719671	255.5371967	-58.63719671	255.5371967
X Variable 2	0.498416667	0.604118843	0.825030824	0.446914492	-1.054520256	2.051353589	-1.054520256	2.051353589
X Variable 3	-0.221657986	0.288650395	-0.767911597	0.47721952	-0.963657449	0.520341477	-0.963657449	0.520341477
X Variable 4	-421.5	99.37990146	-4.241300241	0.008159439	-676.9641694	-166.0358306	-676.9641694	-166.0358306
X Variable 5	-0.002154167	0.002484498	-0.867043189	0.425563167	-0.008540771	0.004232438	-0.008540771	0.004232438
X Variable 6	0.000928819	0.001725346	0.538338227	0.613434887	-0.003506322	0.005363961	-0.003506322	0.005363961
X Variable 7	-0.085	0.477405604	-0.178045669	0.865675889	-1.312210174	1.142210174	-1.312210174	1.142210174
X Variable 8	0.194444444	0.397838004	0.488752816	0.645698785	-0.828230701	1.21711959	-0.828230701	1.21711959
X Variable 9	0.001138889	0.00198919	0.572539013	0.591738934	-0.003974487	0.006252265	-0.003974487	0.006252265

ภาคผนวก ก

- รูปวัสดุ อุปกรณ์
- รูปผลิตภัณฑ์ที่ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

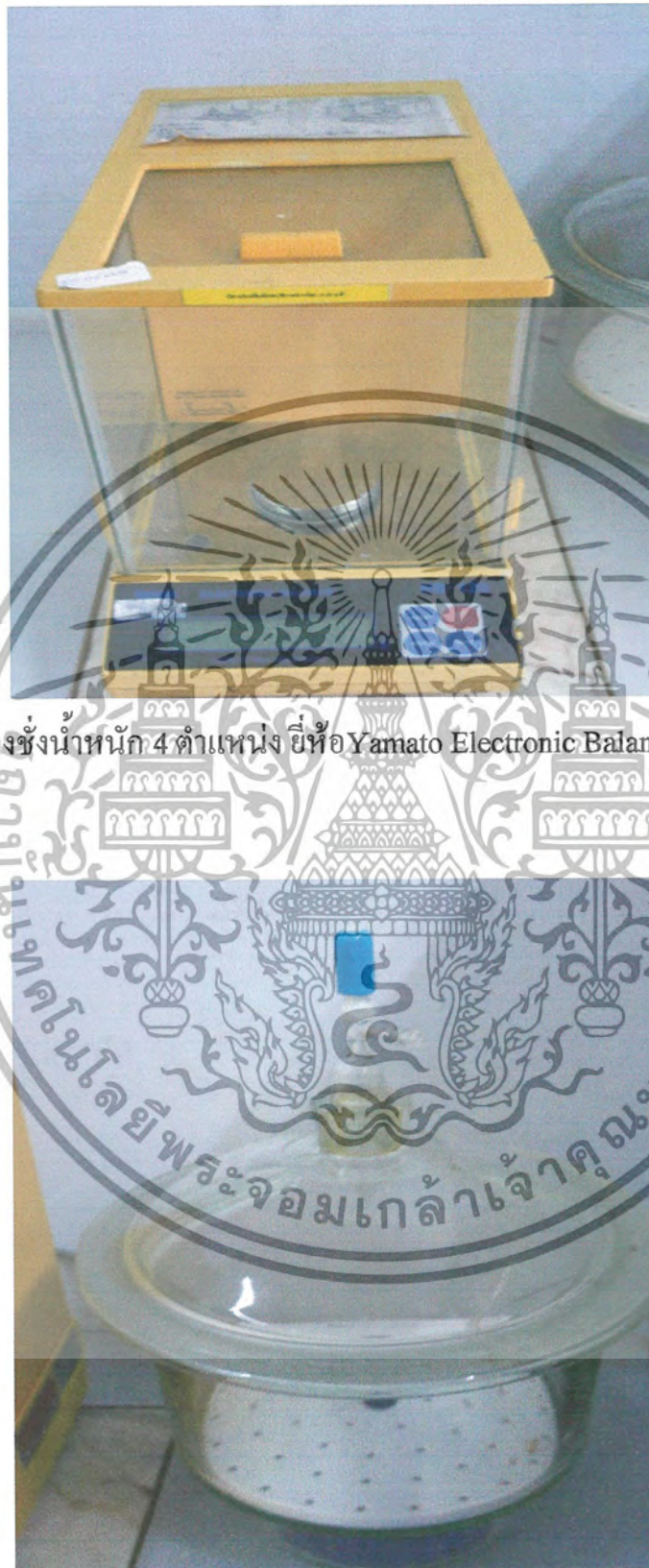


รูปที่ ค.1 เครื่องทำแท่งแบบลูกกลิ้งหมุนคู่



รูปที่ ค.2 เครื่องวัดค่าสี Tri-Stimulus Colori-meter

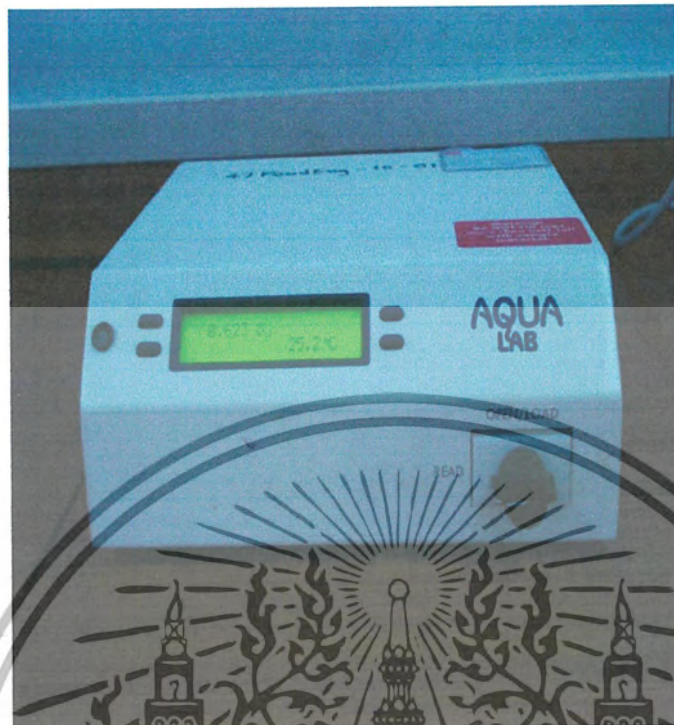
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



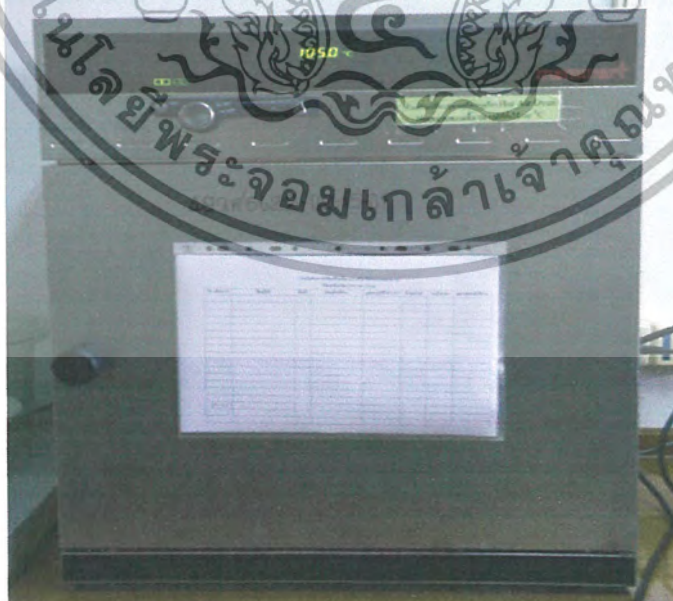
รูปที่ ค.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อYamato Electronic Balance รุ่น HB-120

รูปที่ ค.4 โถดูดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 เครื่องวิเคราะห์ค่า A_w ยี่ห้อ Aqualab Model Series 3 TE



รูปที่ ก.6 ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Memmert รุ่น UM400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

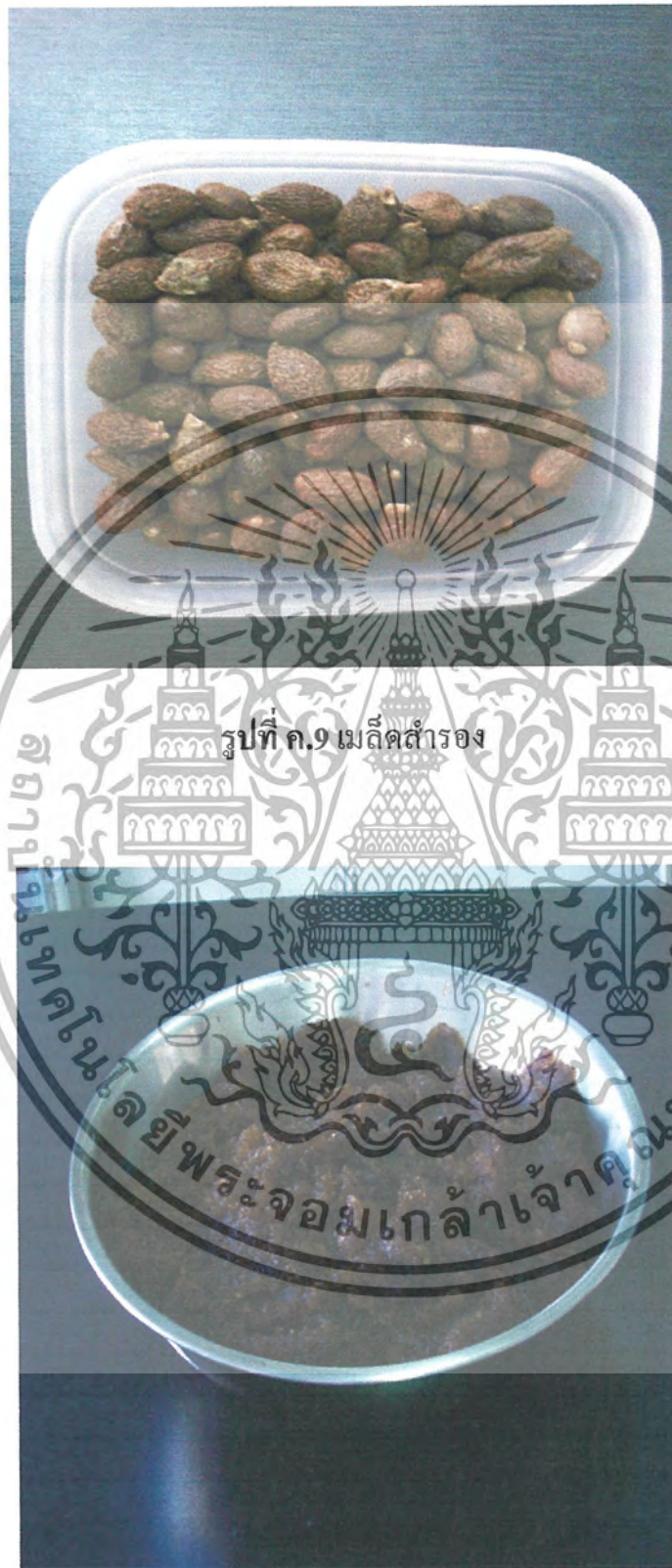


รูปที่ ค.7 เครื่อง Centrifuge ยี่ห้อ Hettich Zentrifugen รุ่น EBA 12



รูปที่ ค.8 Feeler Gauge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.9 เมล็ดสำรอง

รูปที่ ก.10 น้ำมันสำรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



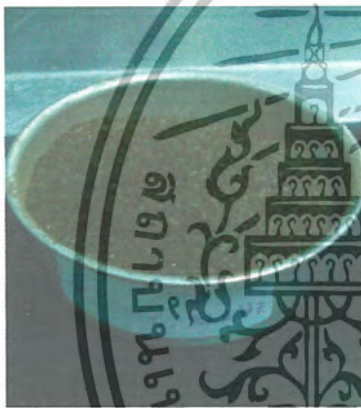
รูปที่ ค.11 สำรองผงการทดลองที่ 1

0% 110 °C 46.5 s



รูปที่ ค.14 สำรองผงการทดลองที่ 4

10% 130 °C 46.5 s



รูปที่ ค.12 สำรองผงการทดลองที่ 2

0% 130 °C 46.5 s



รูปที่ ค.15 สำรองผงการทดลองที่ 5

0% 120 °C 58.5 s



รูปที่ ค.13 สำรองผงการทดลองที่ 3

10% 110 °C 46.5 s



รูปที่ ค.16 สำรองผงการทดลองที่ 6

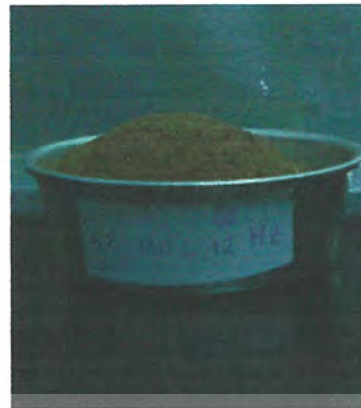
0% 110 °C 34.5 s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.17 สำรองผงการทดลองที่ 7

10% 120 °C 58.5 s



รูปที่ ค.20 สำรองผงการทดลองที่ 10

5% 110 °C 34.5 s



รูปที่ ค.18 สำรองผงการทดลองที่ 8

10% 120 °C 34.5 s



รูปที่ ค.21 สำรองผงการทดลองที่ 11

5% 110 °C 34.5 s



รูปที่ ค.19 สำรองผงการทดลองที่ 9

5% 110 °C 58.5 s



รูปที่ ค.22 สำรองผงการทดลองที่ 12

5% 130 °C 34.5 s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



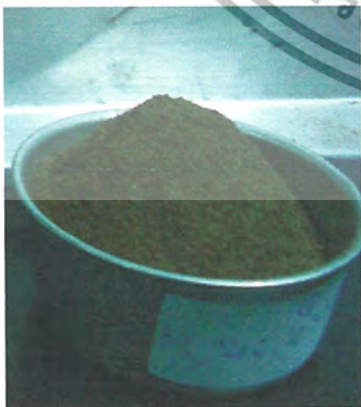
รูปที่ ค.23 ตำรอมผงการทดลองที่ 13

5% 120 °C 46.5 s



รูปที่ ค.24 ตำรอมผงการทดลองที่ 14

5% 120 °C 46.5 s



รูปที่ ค.25 ตำรอมผงการทดลองที่ 15

5% 120 °C 46.5 s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้