คุณลักษณะการอบแห้งของไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟ และสมบัติทางกายภาพของไหมข้าวโพดแห้ง

DRYING CHARACTERISTIC OF CORN SILK DURING MICROWAVE DRYING AND PHYSICAL PROPERTIES OF DRIED CORN SILK

ก่อ คงมั่น

ภัทรดนัย ปัญญกุลเกียรติ

วรปรัชญ์ วัฒนพิชญากูล

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

คุณลักษณะการอบแห้งของไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟ และสมบัติทางกายภาพของไหมข้าวโพดแห้ง

DRYING CHARACTERISTIC OF CORN SILK DURING MICROWAVE DRYING AND PHYSICAL PROPERTIES OF DRIED CORN SILK

จัดทำโดย

ก่อ	คงมั่น	รหัสนักศึกษา 56080144
ภัทรดนัย	ปัญญกุลเกียรติ	รหัสนักศึกษา 58080189
วรปรัชญ์	วัฒนพิชญากูล	รหัสนักศึกษา 58080198

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 25 / 06 / 62

(ดร.กิตติชัย บรรจง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	คุณลักษณะการอบแห้งของไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟ และสมบัติทางกายภาพของไหมข้าวโพดแห้ง	
ชื่อนักศึกษา	ก่อ คงมั่น	รหัสนักศึกษา 56080144
	ภัทรดนัย ปัญญกุลเกียรติ	รหัสนักศึกษา 58080189
	วรปรัชญ์ วัฒนพิชญากูล	รหัสนักศึกษา 58080198
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร	
พ.ศ.	2562	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.กิตติชัย บรรจง	

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ไมโครเวฟในการอบแห้งไหมข้าวโพด โดยได้มีการดัดแปลงไมโครเวฟโดยการติดพัดลมด้านบนของไมโครเวฟที่ผ่านการเจาะผนังด้านบน หลังจากนั้นทดสอบสมการการทำแห้งของไมโครเวฟโดยมีสมการของ Page, logarithmic และ Midilli และตรวจสอบลักษณะทางกายภาพโดยการวัดสีของไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้ง วิเคราะห์หาค่าคงที่ของสมการด้วยการวิเคราะห์ถดถอยแบบ nonlinear ในการทำนาย moisture ratio ของการทดลองซึ่งประกอบด้วยระดับกำลังไมโครเวฟ 300 450 และ 600 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพดสด 20 40 และ 60 กรัม พบว่าสมการที่เหมาะสมสำหรับการทำแห้งด้วยไมโครเวฟคือ สมการของ Midilli มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงที่สุด (R^2 = 0.990) ค่ารากที่สองของความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด (RMSE = 0.02638) สำหรับไมโครเวฟติดพัดลมสมการของ Midilli และ logarithmic ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงที่สุด (R^2 = 0.879) และค่ารากที่สองของความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุด (RMSE = 0.09640) สภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการทำแห้งไหมข้าวโพด โดยสีที่ได้มีความเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดคือที่กำลังไฟฟ้า 600 วัตต์ และมวล 40 กรัม ไมโครเวฟติดพัดลมเป็นวิธีที่ใช้เวลาในการทำแห้งไหมข้าวโพดเร็วที่สุดเมื่อเทียบกับไมโครเวฟธรรมดาและตู้อบลมร้อนที่มวลและกำลังไฟฟ้าเท่ากัน

คำสำคัญ : ไหมข้าวโพด ไมโครเวฟ คุณลักษณะการทำแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Drying characteristic of corn silk during microwave drying and physical properties of dried corn silk	
Student name	Kor Kongmun	Student ID 56080144
	Pattaradanai Panyakulkiat	Student ID 58080189
	Worapach Wattanapichayakul	Student ID 58080198
Program	Bachelor of Science in Food Process Engineering	
Year	2019	
Advisor	Dr.Kittichai Banjong	

ABSTRACT

This research aims to dry corn silk by microwave. 4-inch diameter hole was drilled on the top a microwave oven and a fan was installed. Drying characteristic models (Page, logarithmic and Midilli) were used to explain the drying of corn silk in microwave dryer. Later color of dried corn silk was measured with the color meter (Minolta, CR400). The drying experiment was subjected to nonlinear regression analysis to estimate the drying constant of the models to predict the moisture ratio. The experiment used 3 levels of microwave power (300, 450 and 600 W) and 20, 40 and 60 g of fresh corn silk. Midilli model was suitable for microwave drying because the coefficient of determination was highest (R^2=0.990) and the root mean square error was lowest (RMSE=0.026). For microwave with fan, the coefficients of determination of Midilli and logarithmic model were not different (R^2=0.879) and the root mean square errors were also not different (RMSE=0.010). The optimum drying condition based on total color difference of corn silk was 600 W with 40 g corn silk because the total color difference was lowest and the drying time of the microwave drying with fan was less than microwave drying without fan and hot air oven drying.

Key word : Corn silk, Microwave, Drying characteristic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ดร.กิตติชัย บรรจง อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทำงานวิจัยครั้งนี้ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง คณะผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริง และความทุ่มเทของอาจารย์ที่สละเวลามาช่วยในงานวิจัยนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะอุสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ และนักวิทยาศาสตร์ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตร ทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ คอยช่วยเหลืออำนวยความสำดวกตลอดเวลาในการทำงานวิจัยให้แก่คณะผู้จัดทำตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาในคณะอุตสาหกรรมเกษตรจนกระทั่งประสบความสำเร็จในวันนี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ รวมไปถึงครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษาในการทำงานวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆสาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่คอยช่วยเหลืองานวิจัย และสร้างแรงบันดาลใจให้กับคณะผู้จัดทำในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

อนึ่ง ผู้วิจัยหวังว่าปัญหาพิเศษเล่มนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่มากก็น้อยสำหรับผู้ที่สนใจ จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แก่บุคคลทุกท่านที่ได้กล่าวมาข้างต้น และขอมอบความกตัญญูกตเวทิตาคุณ แด่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้น คณะผู้วิจัยขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

ก่อ คงมั่น
ภัทรดนัย ปัญญกุลเกียรติ
วรปรัชญ์ วัฒนพิชญากูล
วันที่ 13 มิถุนายน 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบข่ายของการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การทำแห้ง	3
2.2 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ	3
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.6 สมการที่เกี่ยวของกับการวิเคราะห์	7
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	8
3.1 วัตถุดิบ	8
3.2 อุปกรณ์	8
3.3 ขั้นตอนการทดลอง	8
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	10
4.1 การทดลองคุณลักษณะการทำแห้งของการทำแห้งไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟ	10
4.2 ลักษณะทางกายภาพด้านสีหลังจากทำแห้ง	18
4.3 ระยะเวลาในการทำแห้ง	20
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	22
5.1 สรุปผล	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2 ข้อเสนอแนะ	23
บรรณานุกรม	24
ภาคผนวก	25
ภาคผนวก ก	26
ภาคผนวก ข	27
ภาคผนวก ค	31
ภาคผนวก ง	34
ประวัติผู้เขียน	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ระยะเวลาของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังต่างๆ	5
2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กับเส้นโค้งอบแห้ง	6
2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดลภายใต้กำลังรับไฟฟ้าแต่ละครั้งพร้อมกับการวิเคราะห์ทางสถิติของแบบจำลองสำหรับการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ	6
2.4 สมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายอัตราส่วนความชื้น	7
4.1 ค่าคงที่ของสมการการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับกำลัง 300 450 และ 600 วัตต์	10
4.2 ค่าคงที่ของสมการการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับกำลัง 300 450 และ 600 วัตต์	14
4.3 ลักษณะทางกายภาพด้านสีของไหมข้าวโพดหลังจากทำแห้งด้วยไมโครเวฟ	18
4.4 ลักษณะทางกายภาพด้านสีของไหมข้าวโพดหลังทำแห้งด้วยไมโครเวฟติดพัดลม	19
4.5 ลักษณะทางกายภาพด้านสีของไหมข้าวโพดหลังจากทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 โมเดลของไมโครเวฟติดพัดลม	1
2.2 แสดงผลของการอบแห้ง(1)หัวหอมสด,(2)แสงอาทิตย์,(3)เตาอบ50°C,(4) ตาอบ70°C (5)ไมโครเวฟ210W.,(6)ไมโครเวฟ700W.	4
2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการทำแห้ง	5
4.1 กราฟ (a),(b) และ (c) แสดงอัตราส่วนความชื้นที่ทดลองจริง เปรียบเทียบกับการใช้สมการทำนายอัตราส่วนความชื้นของการทำแห้งด้วยไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟ โดยใช้สมการของ Midilli ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 300 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม	11
4.2 กราฟ (d) (e) และ (f) แสดงอัตราส่วนความชื้นที่ทดลองจริง เปรียบเทียบกับการใช้สมการทำนายอัตราส่วนความชื้นของการทำแห้งด้วยไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟ โดยใช้สมการของ Midilli ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 450 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม	12
4.3 กราฟ (g) (h) และ (i) แสดงอัตราส่วนความชื้นที่ทดลองจริง เปรียบเทียบกับการใช้สมการทำนายอัตราส่วนความชื้นของการทำแห้งด้วยไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟ โดยใช้สมการของ Midilli ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 600 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม	13
4.4 กราฟ (j) (k) และ (l) แสดงอัตราส่วนความชื้นที่ทดลองจริง เปรียบเทียบกับการใช้สมการทำนายอัตราส่วนความชื้นของการทำแห้งด้วยไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟติดพัดลม โดยใช้สมการของ Midilli ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 300 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม	15
4.5 กราฟ (p) (q) และ (r) แสดงอัตราส่วนความชื้นที่ทดลองจริง เปรียบเทียบกับการใช้สมการทำนายอัตราส่วนความชื้นของการทำแห้งด้วยไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟติดพัดลม โดยใช้สมการของ Midilli ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 450 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม	16
4.6 กราฟ (p) (q) และ (r) แสดงอัตราส่วนความชื้นที่ทดลองจริง เปรียบเทียบกับการใช้สมการทำนายอัตราส่วนความชื้นของการทำแห้งด้วยไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟติดพัดลม โดยใช้สมการของ Midilli ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 450 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.6 กราฟ (s) และ (t) แสดงระยะเวลาในการทำแห้งไหมข้าวโพดของไมโครเวฟ ไมโครเวฟติดพัดลม ที่ระดับกำลัง 300 450 และ 600 วัตต์ มวลของไหมข้าวโพดสด 20 40 และ 60 กรัม และตู้อบลมร้อน ที่ใช้ไหมข้าวโพดสด 20 40 และ 60 กรัม	21
ค.1ไมโครเวฟติดพัดลม Front view	33
ค.2ไมโครเวฟติดพัดลม Top view	33
ง.1ตัวอย่างการคำนวณค่า Root mean square error และ Chi square ของค่าอัตราส่วนความชื้น ด้วยโปรแกรม excel	34
ง.2ตัวอย่างการคำนวณค่าความแตกต่างสีโดยรวมจากค่า L a b ที่ได้จากเครื่อง Minolta CR400 ด้วยโปรแกรม excel	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

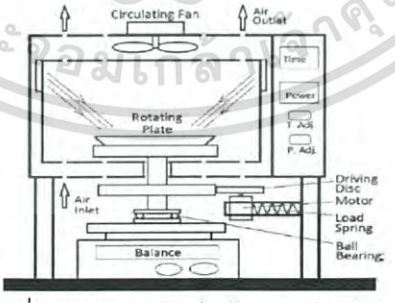
การทำแห้งเป็นการลดปริมาณน้ำในอาหารด้วยการทำให้น้ำอิสระที่อยู่ในอาหารระเหยด้วยความร้อน หรือระเหิดด้วยความเย็น ซึ่งการทำแห้งในงานวิจัยนี้คือการทำแห้งโดยการระเหยด้วยความร้อนโดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองคือตู้อบลมร้อน ไมโครเวฟ และไมโครเวฟติดพัดลม

วัตถุประสงค์ของการทำแห้ง คือการยืดอายุการเก็บรักษา โดยการทำให้ค่า water activity ในอาหารน้อยกว่า 0.6 และเป็นการสร้างทางเลือกใหม่ๆของผู้บริโภค

ไมโครเวฟคือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ปัจจุบันมีการใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากการใช้งานสะดวก และรวดเร็ว โดยแมกนิตรอนจะผลิตคลื่นที่มีความถี่ 915 และ 2450 เมกะเฮิร์ต ซึ่งจะถูกดูดซับโดยน้ำที่อยู่ในอาหาร หรือของเหลวที่เป็นสารประกอบมีขั้ว หากมีขั้วมากจะมีการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเร็วมากจนเกิดการเสียดสีกลายเป็นความร้อนขึ้น ซึ่งไมโครเวฟที่ใช้ในครัวเรือนจะเป็นแบบความถี่ 2450 เมกะเฮิร์ต (Prabhanjan ,1995)

ตู้อบลมร้อนเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน ซึ่งใช้ลมในการกระจายความร้อนไปทั่วตู้อบอุณหภูมิสามารถควบคุมได้ 50-300 องศาเซลเซียส

ไมโครเวฟติดพัดลมเป็นอุปกรณ์ที่ดัดแปลงไมโครเวฟครัวเรือน sumsung M945 เจาะรู และติดตั้งพัดลม ด้านล่างเจาะรูสำหรับใส่แกนเพื่อวางจานสำหรับเวฟ และต่อกับตาชั่งความคลาดเคลื่อน 0.01 กรัม (ตาชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่ง) ติดมอเตอร์สำหรับหมุนแกนด้วยความเร็ว 5 รอบต่อนาที ซึ่งการดัดแปลงไมโครเวฟโดยใช้ลมมาช่วยจะเพิ่มประสิทธิภาพการทำแห้งได้ดีขึ้นกว่าการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ หรือตู้อบลมร้อน (Darvishi, 2012)



ภาพที่ 1.1 โมเดลของไมโครเวฟติดพัดลม

ที่มา : Davishi (2012)

ไหมข้าวโพด หรือหนวดข้าวโพด มีศักยภาพสามารถนาไปแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าในเชิงพาณิชย์ได้ เนื่องจากมีรายงานกล่าวถึงสรรพคุณการส่งเสริมสุขภาพของไหมข้าวโพด เช่น สามารถลดอาการบวมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากไตอักเสบ เหน็บชา ดีซ่านที่เกิดจากตับอักเสบ ความดันโลหิตสูง ถุงน้ำดีอักเสบ เบาหวาน อาเจียนเป็นโลหิต และเลือดกาเดาออก (วิทิต วัณนาวิบูล, 2528) อีกทั้งยังมีรายงานวิจัยทางการแพทย์ต่างๆ อีกมากมายที่กล่าวถึงคุณสมบัติของสารประกอบที่พบในข้าวโพดต่อความสามารถในการป้องกันโรคต่างๆ ทั้งในระดับหลอดทดลอง และสัตว์ทดลอง เช่น พบว่าสารสกัดจากไหมข้าวโพดมีสมบัติในการขับปัสสาวะ (Diuretic) และขับโปแทสเซียม (Kaliuretic) ได้ในสัตว์ทดลอง (Velazquez, 2005) ในไหมข้าวโพดยังมีสารประกอบฟีนอลิกที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น เมซิน สามารถป้องกันการเกิดโรคสมองเสื่อมได้ (Choi, 2014) และสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดในระดับสัตว์ทดลองได้ (Cha, 2016)

ไหมข้าวโพดเป็นวัตถุดิบที่มีประโยชน์ แต่เน่าเสียได้ง่ายผู้ทำงานวิจัยจึงได้เลือกหาทางออกโดยการทำแห้งไหมข้าวโพดด้วยตู้อบลมร้อน ไมโครเวฟ และไมโครเวฟติดพัดลม เพื่อรักษาสภาพของไหมข้าวโพดไว้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ดัดแปลงไมโครเวฟติดพัดลมสำหรับการทดลองงานวิจัยไหมข้าวโพด และการวิจัยในอนาคต

1.2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของความชื้นหลังจากการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ไมโครเวฟ และไมโครเวฟติดพัดลม

1.2.3 เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของไหมข้าวโพดหลังจากการทำแห้งในสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ไมโครเวฟ และไมโครเวฟติดพัดลม

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถนำไมโครเวฟติดพัดลมมาใช้งานในงานวิจัยได้จริง

1.3.2 สร้างทางเลือกใหม่ในการทำงานวิจัยด้วยไมโครเวฟติดพัดลม

1.3.3 สามารถทำนายการทำแห้งไหมข้าวโพดด้วยสมการการทำแห้งจากกราฟอัตราการทำแห้งไหมข้าวโพด ณ ปริมาณ ไหมข้าวโพด และเวลาใดๆของการทำแห้งไหมข้าวโพดด้วยตู้อบลมร้อน ไมโครเวฟ และไมโครเวฟติดพัดลม

1.4 ขอบข่ายของปัญหาพิเศษ

ไหมข้าวโพดสดเก็บรักษาที่ -18 องศาเซลเซียส เมื่อจะทำการทดลองนำไหมมาผึ่งจนถึงอุณหภูมิห้อง และนำไปทดลองทำแห้งโดยเปรียบเทียบการทำแห้ง 3 วิธีคือไมโครเวฟ ไมโครเวฟติดพัดลม และตู้อบลมร้อน โดยดัดแปลงไมโครเวฟด้วยการเจาะด้านบนเพื่อติดพัดลม และด้านล่างเพื่อติดตั้งแกนและเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง หลังจากทำแห้งแล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าคงที่ของแบบจำลองคณิตศาสตร์ของ Page, Logarithmic และ Midilli วัดสีของไหมข้าวโพดด้วย Minolta CR-400 เพื่อเป็นการวัดคุณภาพของไหมข้าวโพดแห้ง การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบ Factorial แบบ 3x3 ปัจจัยซึ่งประกอบด้วยระดับกำลังไมโครเวฟ 300 450 และ 600 วัตต์ มวลของไหมข้าวโพดสด 20 40 และ 60 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทำแห้ง

การทำแห้ง หรือการดึงน้ำออก อาจเรียกว่า drying การทำแห้งเป็นวิธีการถนอมอาหาร ที่นิยมใช้มานาน โดยลดความชื้น (moisture content) ของอาหารด้วยการระเหยน้ำ ในการทำแห้งจะต้องมีการให้พลังงานกับอาหารทาให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นไอแล้วเคลื่อนย้าย ออกจากอาหาร แสงอาทิตย์ เป็นพลังงานความร้อนจากธรรมชาติ และกระแสลมที่พัดผ่านอาหารทำให้เกิด การเคลื่อนย้ายของไอน้ำ เนื่องจากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ให้อุณหภูมิไม่สูงมากนัก และกระแสลมธรรมชาติก็ไม่สูงพอทาให้การตากแห้งใช้เวลานานดังนั้นจึงมีการพัฒนาเครื่องอบที่มีการ ให้พลังงานความร้อนในปริมาณที่ควบคุมได้ และมีอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากผิวอาหาร การถ่ายเทความร้อน และมวลสารเกิดได้เร็ว อาหารจึงแห้งได้เร็วขึ้นการถ่ายเทความร้อน และมวลสารระหว่างการอบแห้งทำได้หลายวิธี อันได้แก่ การถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนการถ่ายเทความร้อนแบบการนาความร้อนการแผ่รังสีร่วมกับการดูดอากาศไอน้ำการทาแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (สุคนธ์ชื่น, 2539)

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง การทำแห้งอาหารคือการเคลื่อนย้ายน้ำออกจากอาหาร ดังนั้นปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายน้ำจึงมีผลต่ออัตราเร็วการทำแห้ง (สุคนธ์ชื่น, 2539) ดังนี้ ปริมาณอาหารต่อถาด ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อนหรือได้รับความร้อนจากถาดแล้ว แต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้า ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากแล้วจะได้รับไอน้ำได้น้อยกว่าอากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่น้อย อุณหภูมิของอากาศร้อน ถ้าอากาศมีความชื่นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิของอากาศร้อนเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทาให้การแพร่กระจายของน้าในอาหารดีขึ้นด้วย ความเร็วของอากาศร้อน อากาศร้อนทำหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ด้วย ดังนั้นเมื่อความเร็วอากาศร้อนเพิ่มขึ้นการเคลื่อนย้ายไอน้ำก็จะเกิดขึ้นได้ดี การเคลื่อนย้ายไอน้ำเกิดขึ้นเต็มที่ที่ความเร็วลม 244 เมตร/นาที นอกจากนั้นความเร็วของอากาศร้อนยังทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศในเครื่องอบแห้งอากาศจึงสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น (อรุณี, 2545)

2.2 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

การทำแห้งด้วยไมโครเวฟเป็นทางเลือกที่ถูกนำมาใช้มากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากมีความสะดวกรวดเร็ว การทำแห้งระแบบไมโครเวฟเป็นการนำความชื้นออก โดยวิธีธรรมดานั้นทำได้เพียงการนำความร้อนและการแผ่รังสีซึ่งมีน้อยมาก จึงไม่สามารถอบชิ้นวัสดุที่มีความหนาได้ และเมื่อวัสดุแห้งจะมีความสามารถในการนำความร้อนได้ความสามารถที่ไม่ดีนัก เช่น การนำความร้อน ส่วนที่สัมผัสกับแผ่นร้อน

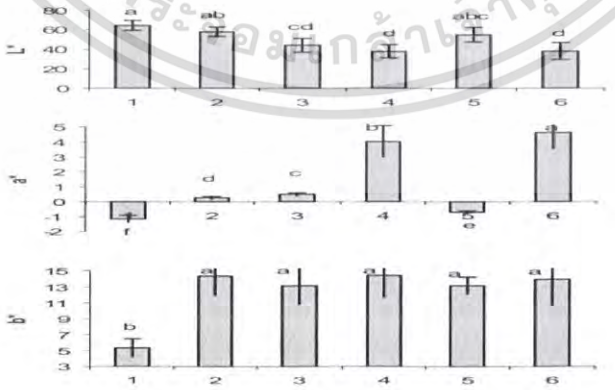
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่านั้นที่จะได้รับความร้อน แต่ส่วนอื่นจะได้รับพลังงานน้อยลง ส่วนการแผ่รังสีจะมีเฉพาะส่วนผิวบนเท่านั้นที่สามารถรับพลังงานได้ การทำแห้งวิธีธรรมดาทำจะเกิดที่ผิวนอกก่อนแล้วจึงเข้าสู่ภายในทำให้ผิวนอกแข็ง ส่วนไมโครเวฟนั้นสามารถให้ความร้อนต่อวัสดุได้ดีโดยความร้อนจะเกิดขึ้นจากภายในทำให้ไอน้ำเคลื่อนตัวจากภายในสู่ภายนอก และหลังงานอบแห้งวัสดุจะมีรูปร่างใกล้เคียงกับของเดิมเพราะได้รับความร้อนเป็นเวลาสั้นๆ (สุคนธ์ชื่น, 2539) ประโยชน์ของไมโครเวฟ ไมโครเวฟมีอัตราการอบแห้งสูงได้ในเวลาสั้นเป็นการใช้คลื่นไมโครเวฟที่สามารถใช้อบแห้งวัสดุที่มีลักษณะผิวปิดหรืออบแห้งยากได้นอกจากนั้นวัสดุหลังอบมีความสะอาดสูงโดยที่ทำได้ทุกสถานที่ไม่ขึ้นกับสภาพอากาศภายนอก ใช้พื้นที่น้อยในการทำแห้งและยังคงรักษาคุณค่าทางอาหารได้ซึ่งอาจทำให้วัสดุหลังอบมีราคาสูงได้ด้วย (อรุณี, 2545)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Arslan (2010) ทำแห้งหัวหอมโดยใช้เตาอบ แสงอาทิตย์และไมโครเวฟ ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองนี้คือหัวหอมซึ่งในมาจากเมือง Konya ประเทศตุรกี นำหัวหอมมาหั่นให้มีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร และนำหัวหอม 100 กรัมมาวางกระจายกันอย่างสม่ำเสมอบนถาดสแตนเลสขนาด 20x30 เซนติเมตร จากนั้นนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 50 และ 70 องศาเซลเซียส เทียบกับการนำไปตากแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และเทียบกับการนำไปอบในไมโครเวฟที่กำลัง 210 และ 700 W. ค่า L* ของแสงอาทิตย์และไมโครเวฟกำลัง 210 W. ไม่มีความแตกต่างกับหัวหอมสด ค่า a* ของไมโครเวฟกำลัง 210 W. ไม่มีความแตกต่างกับหัวหอมสด และค่า b* ทุกวิธีแตกต่างกับหัวหอมสดทั้งหมดแต่ที่เตาอบอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสกับไมโครเวฟกำลัง 210 W. มีค่าใกล้เคียงกับหัวหอมสดมากที่สุด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 Arslan (2010) ดังนั้นวิธีการทำแห้งที่คงไว้ซึ่งคุณภาพที่ใกล้เคียงกับหัวหอมสดมากที่สุดคือ การทำแห้งด้วยใช้ไมโครเวฟที่กำลัง 210 W.

ซึ่งงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการทำแห้งด้วยไมโครเวฟมีอัตราการทำแห้งที่เร็วแล้วยังคงคุณภาพใกล้เคียงกับตัวอย่างก่อนที่จะทำแห้ง

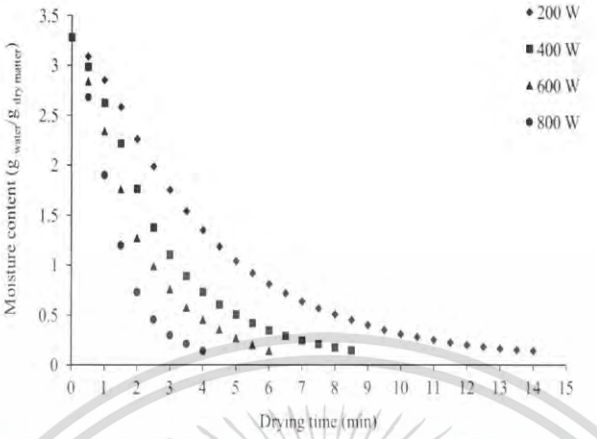


ภาพที่ 2.1 แสดงผลของการอบแห้ง(1)หัวหอมสด,(2)แสงอาทิตย์,(3)เตาอบ50°C,(4)เตาอบ70°C,(5)ไมโครเวฟ210W.,(6)ไมโครเวฟ700W.

ที่มา: Arslan (2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Harchegani (2016) ทำแห้งเปปเปอร์มิ้นท์ด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 200 400 600 และ800 W. โดยไมโครเวฟที่ใช้เป็นไมโครเวฟบ้านทั่วไป โดยที่กำลัง 200 W. ใช้เวลาในการทำให้มากที่สุด และที่กำลัง 800 W. ใช้เวลาในการทำแห้งน้อยที่สุด



ภาพที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาในการทำแห้ง

ที่มา: Harchegani (2016)

ซึ่งงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ายิ่งใช้ระดับกำลังของไมโครเวฟสูงยิ่งทำให้ใช้เวลาในการทำแห้งน้อยลง

ตารางที่ 2.1 ระยะเวลาของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังต่างๆ

Drying treatment	Drying duration (min)
Microwave, 200W	14±25
Microwave, 400W	8.5±1
Microwave, 600W	6±1
Microwave, 800W	4±0.5

ที่มา : Harchegani (2016)

ดังนั้น สรุปได้ว่ายิ่งใช้ระดับกำลังไมโครเวฟมากยิ่งทำให้เวลาในการทำแห้งลดลง และจากการทดลองที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 800 วัตต์ ทำแห้งได้เร็วที่สุด (Harchegani, 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กับเส้นโค้งอบแห้ง

Model name	Model expression
Newton	MR = exp(-kt)
Page	MR = $\exp(-kt^n)$
Logarithmic	MR = aexp(-kt)+b
Midilli and Kucuk	MR = $\text{aexp}(-(kt^n))+bt$
Two-term	MR = aexp(-kt)+bexp(-kt)
Henderson and Pabis	MR = aexp(-kt)

ที่มา : Harchegani, T. (2016)

ตารางที่ 2.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดลภายใต้กำลังรับไฟฟ้าแต่ละครั้งพร้อมกับการวิเคราะห์ทางสถิติของแบบจำลองสำหรับการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ

Model name	Power (W)	Parameters	R^2	RMSE
Page	200	k=0.1744, n=1.146	0.9981	0.0131
	400	k=0.2630, n=1.228	0.9965	0.0193
	600	k=0.3762, n=1.222	0.9979	0.0156
	800	k=0.5595, n=1.360	0.9985	0.0147
Logarithmic	200	a=1.069, b=0.2266, c=-0.0141	0.9968	0.0173
	400	a=1.093, b=0.339, c=-0.0341	0.9920	0.0299
	600	a=1.098, b=0.4251, c=-0.0564	0.9937	0.0281
	800	a=1.145, b=0.5683, c=-0.1052	0.9892	0.0423
Midilli and Kucuk	200	a=1.013, k=0.1725, b=0.0023, n=1.195	0.9994	0.0076
	400	a=1.006, k=0.2555, b=0.0055, n=1.333	0.9988	0.0119
	600	a=1.005, k=0.3781, b=0.0057, n=1.292	0.9989	0.0125
	800	a=1.001, k=0.5720, b=0.0094, n=1.450	0.9998	0.0062

ที่มา : Harchegani, T. (2016)

ซึ่งงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ายิ่งใช้ระดับกำลังไมโครเวฟมากยิ่งทำให้เวลาในการทำแห้งสั้นลง และโมเดลของ Midilli ดีที่สุดเพราะมีค่าความเป็นเส้นตรงมากที่สุด และมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับแบบจำลองอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 สมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายอัตราส่วนความชื้น

ชื่อสมการ	สมการ	ที่มา
Page	$MR = \exp(-kt)^n$	Sarimesili (2011)
Wang and Singh	$MR = 1 + bt + at^2$	Arslan and Ozcan (2010)
Parabolic	$MR = c + bt + at^2$	Sharma and Prasad (2001)
Logarithmic	$MR = a \exp(-kt) + b$	Akpinar (2008)
Midilli	$MR = a \exp(-kt)^n + bt$	Midilli et al. (2002)

ที่มา: Davishi (2012)

2.4 สมการที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์

$$\text{Root mean square error} = \left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$\text{Chi square } (\chi^2) = \frac{\sum_{i=1}^{N}(MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N-Z} \quad (2)$$

ที่มา: Davishi (2012)

$$\text{Moisture ratio (MR)} = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (3)$$

สำหรับการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกำหนดให้ $M_e = 0$ (Maskan, 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

ไหมข้าวโพดจากบริษัท ซาฟิโก จำกัด

3.2 อุปกรณ์

ภาชนะสำหรับใส่ข้าวโพด	(Pyrex, 1.5QT-1.4L, USA)
ไมโครเวฟ	(Samsung, ME711K, Malaysia)
ไมโครเวฟ	(Sumsung, MW71B, Malaysia)
พัดลม	(SLEEVE BEARING,DC-12V 0.15A)
Power supply	(GVIEW,Titanium GV20XD, Taiwan)
เครื่องวัดสี	(Minolta CR400, Japan)
เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง	(Satorius, BSA3202S-CW, Germany)
เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	(Satorius, BSA224S-CW, Germany)
พัดลมขนาดเล็ก	
โถดูความชื้น	
นาฬิกาจับเวลา	

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 การเตรียมไหมข้าวโพด

1. ละลายไหมข้าวโพดที่แช่แข็งด้วยไมโครเวฟ
2. หั่นไหมข้าวโพดให้เหลือประมาณ 1 เซนติเมตร
3. ผึ่งจนแห้งที่อุณหภูมิห้อง

3.3.2 การทำแห้งไหมข้าวโพด

1. นำไหมข้าวโพด 20, 40 และ60 กรัมใส่ภาชนะ
2. ทำแห้งไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟติดพัดลม กำลังไฟฟ้า 300 450 และ 600 วัตต์
3. จดข้อมูลปริมาณน้ำที่หายไปทุกๆ 2 นาที
4. ทำแห้งไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟ กำลังไฟฟ้า 300 450 และ 600 วัตต์
5. ทำแห้งไหมข้าวโพดด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และชั่งน้ำหนักทุกๆ 30 นาทีจนน้ำหนักคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การหาความชื้น (AOAC, 2000)

1. อบ moisture can 135 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง
2. นำ moisture can ออกด้วยที่คีบ และใส่ไว้ใน Desiccator พักไว้ 30 นาที
3. นำไหมข้าวโพด ใส่ moisture can ประมาณ 1-2 กรัม
4. อบที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง
5. นำออกจากเตาอบ และพักไว้ที่โถดูดความชื้น 30 นาที
6. ชั่งน้ำหนักด้วยตาชั่ง 4 ตำแหน่ง

3.3.4 การวัดสี

1. นำไหมข้าวโพดที่ทำแห้งแล้ว 1 กรัมไปปั่นด้วยเครื่องปั่น 1 นาที
2. เก็บตัวอย่างที่ปั่นแล้วใส่ถุงซิปล็อค และพักไว้ที่ โถดูดความชื้น
3. นำตัวอย่างใส่ฝาสีดำ
4. วัดสี และอ่านค่าด้วย Minolta CR-400

3.3.5 การวิเคราะห์ผล

1. ใช้โปรแกรม IBM SPSS ในการวิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Factorial แบบ 3x3
2. ใช้โปรแกรม IBM SPSS ในการวิเคราะห์แบบ nonlinear regression
3. คำนวณค่าสีด้วยโปรแกรม excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง และวิจารณ์

4.1 การทดลองคุณลักษณะการทำแห้งของการทำแห้งไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟ

4.1.1 ไมโครเวฟ

จากการทดลองทำแห้งไหมข้าวโพดจนน้ำหนักของไหมข้าวโพดคงที่ด้วยไมโครเวฟที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 300 450 และ 600 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพดสด 20 40 และ 60 กรัม ตามลำดับ และนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณอัตราส่วนความชื้นของไหมข้าวโพด เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าคงที่ของสมการการทำแห้งได้ผลดังนี้

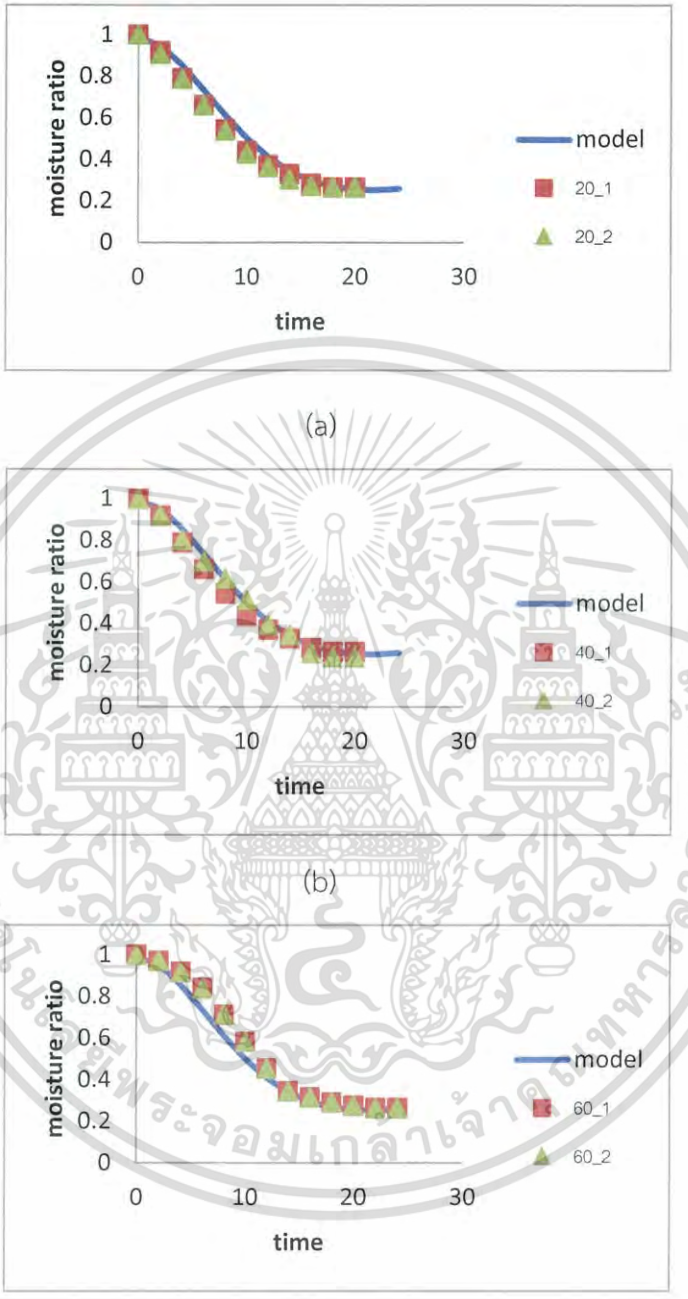
ตารางที่ 4.1 ค่าคงที่ของสมการการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับกำลัง 300 450 และ 600 วัตต์

model	Power(w)	Model constant	R^2	Chi square	RMSE
Logarithmic	300	a=1.113 b=-0.059 k=0.066	0.954	0.00369	0.05809
	450	a=1.040 b=0.011 k=0.078	0.972	0.00222	0.04490
	600	a=1.084 b=-0.046 k=0.102	0.972	0.00258	0.04782
Midilli	300	a=0.987 b=0.010 k=0.019 n=1.681	0.975	0.00203	0.04310
	450	a=0.990 b=0.010 k=0.026 n=1.579	0.990	0.00076	0.02638
	600	a=0.988 b=0.010 k=0.042 n=1.568	0.989	0.00105	0.03040
Page	300	k=0.037 n=1.235	0.959	0.00331	0.05497
	450	k=0.048 n=1.164	0.974	0.00206	0.04333
	600	k=0.068 n=1.204	0.977	0.00211	0.04321

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าสมการของ Midilli มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงที่สุด (0.990) และมีค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด (0.02638) สามารถนำสมการของ Midilli มาใช้ในการทำนายเวลา หรือ อัตราส่วนความชื้น ของการทำแห้งใดๆด้วยไมโครเวฟได้ และหลังจากนำค่าคงที่ของสมการ Midilli มาใช้ในการทำนายอัตราส่วนความชื้น และนำมาเปรียบเทียบกับผล

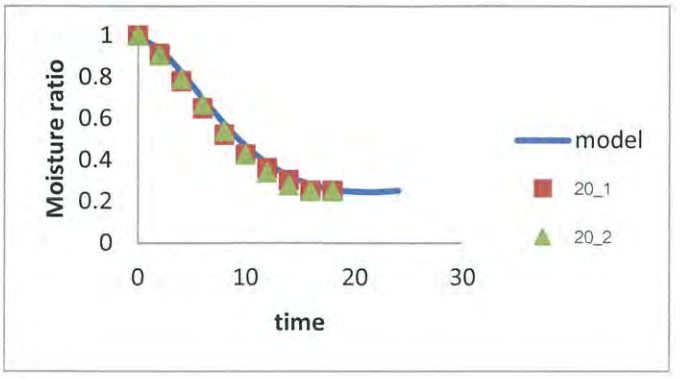
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ได้จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการคำนวณ และอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลองมีผลใกล้เคียงกัน มีค่าคลาดเคลื่อนเล็กน้อย ดังแสดงในภาพที่ 4.1 4.2 และ 4.3

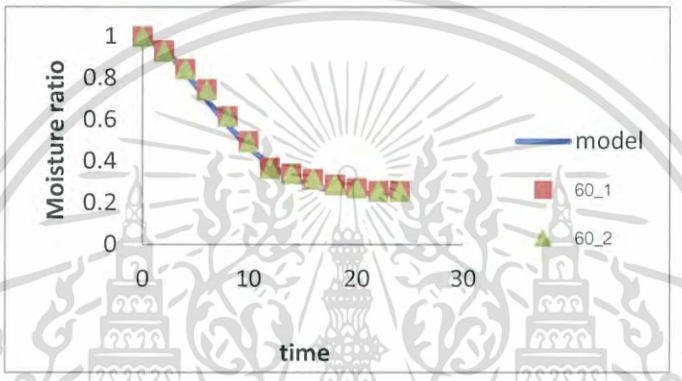


ภาพที่ 4.1 กราฟ (a),(b) และ (c) แสดงอัตราส่วนความชื้นที่ทดลองจริง เปรียบเทียบกับการใช้สมการทำนายอัตราส่วนความชื้นของการทำแห้งด้วยไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟ โดยใช้สมการของ Midilli ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 300 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม

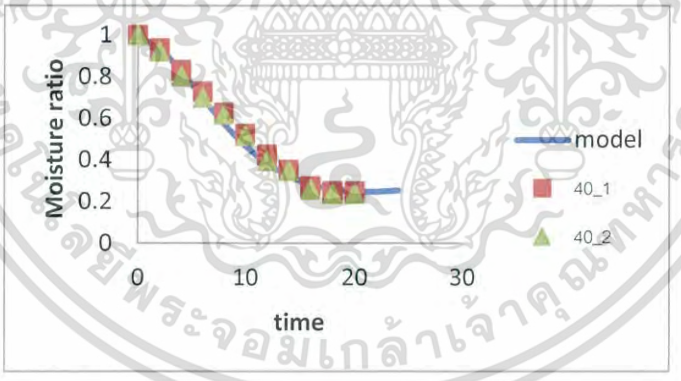
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(d)



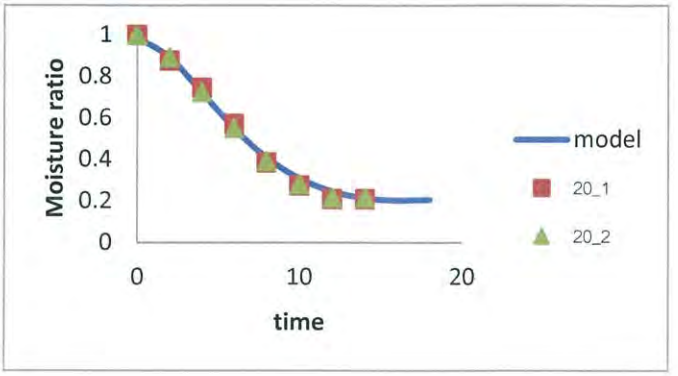
(e)



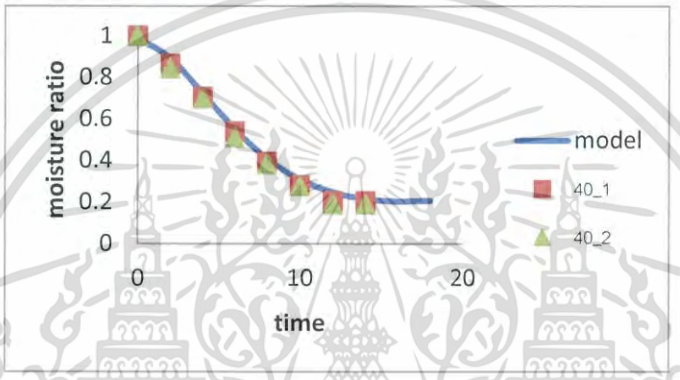
(f)

ภาพที่ 4.2 กราฟ (d) (e) และ (f) แสดงอัตราส่วนความชื้นที่ทดลองจริง เปรียบเทียบกับการใช้สมการทำนายอัตราส่วนความชื้นของการทำแห้งด้วยไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟ โดยใช้สมการของ Midilli ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 450 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม

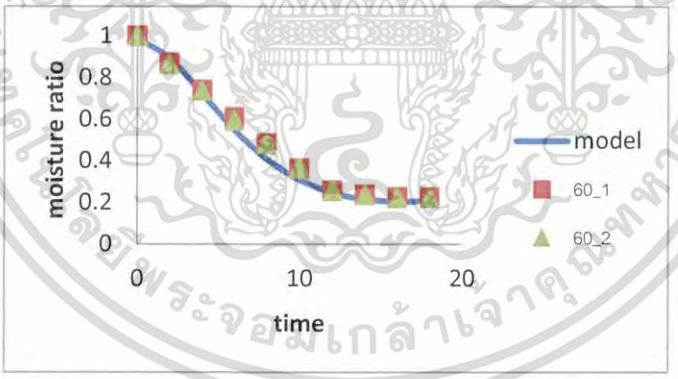
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(g)



(h)



(i)

ภาพที่ 4.3 กราฟ (g) (h) และ (i) แสดงอัตราส่วนความชื้นที่ทดลองจริง เปรียบเทียบกับการใช้สมการทำนายอัตราส่วนความชื้นของการทำแห้งด้วยไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟ โดยใช้สมการของ Midilli ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 600 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ไมโครเวฟติดพัดลม

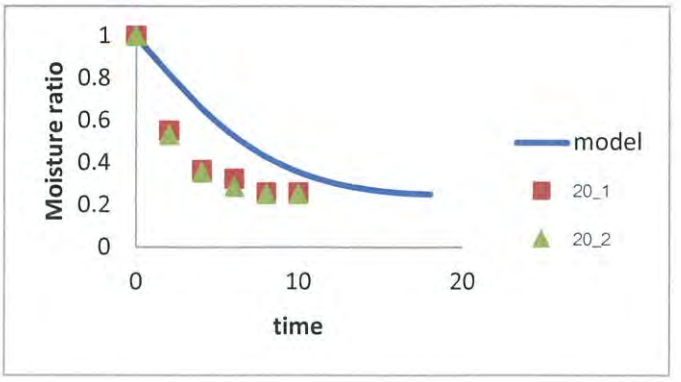
จากการทดลองทำแห้งไหมข้าวโพดจนน้ำหนักของไหมข้าวโพดคงที่ด้วยไมโครเวฟติดพัดลมที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 300 450 และ 600 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพดสด 20 40 และ 60 กรัมตามลำดับ และนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณอัตราส่วนความชื้นของไหมข้าวโพด เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าคงที่ของสมการการทำแห้งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.2 ค่าคงที่ของสมการการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่ระดับกำลัง 300 450 และ 600 วัตต์

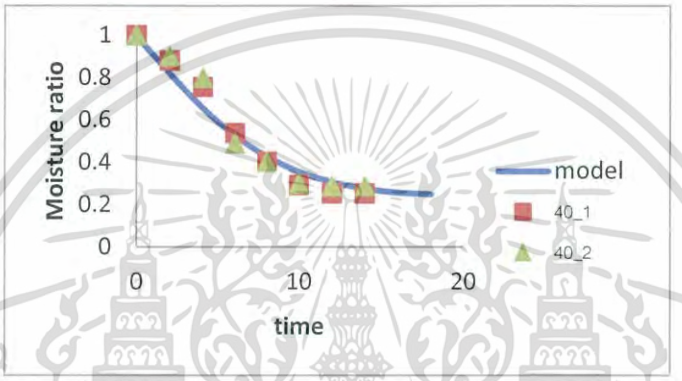
model	Power(w)	Model constant	R^2	Chi square	RMSE
Logarithmic	300	a=0.857 b=0.150 k=0.137	0.751	0.02278	0.14118
	450	a=0.877 b=0.130 k=0.153	0.848	0.01076	0.09640
	600	a=0.890 b=0.105 k=0.162	0.879	0.01077	0.09642
Midilli	300	a=0.995 b=0.010 k=0.099 n=1.136	0.753	0.02261	0.14064
	450	a=0.998 b=0.009 k=0.120 n=1.101	0.849	0.01327	0.10740
	600	a=0.994 b=0.005 k=0.148 n=1.000	0.879	0.01076	0.09639
Page	300	k=0.100 n=1.000	0.744	0.02261	0.14064
	450	k=0.116 n=1.000	0.842	0.01389	0.10989
	600	k=0.131 n=1.000	0.874	0.01118	0.98251

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าสมการของ Logarithmic และ Midilli มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงสุดใกล้เคียงกัน (0.879) และค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกัน (ประมาณ 0.1) ซึ่งสามารถนำสมการของ Logarithmic และ Midilli มาใช้ในการทำนายเวลา และอัตราส่วนความชื้นของตัวอย่างใดๆ สำหรับการทำแห้งด้วยไมโครเวฟติดพัดลม และหลังจากนำค่าคงที่ของสมการ Midilli มาใช้ในการทำนายอัตราส่วนความชื้น และนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลอง พบว่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการคำนวณ และอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลอง ผลที่ได้คือในช่วงแรก และตอนสุดท้ายทำนายได้ใกล้เคียงกับการทดลอง แต่ระหว่างการทดลองมีผลคลาดเคลื่อน เนื่องจากสมการของ Midilli ไม่มีเทอมของความเร็วลมที่ถูกเพิ่มเข้ามาระหว่างการทดลองด้วยไมโครเวฟคิดพัดลม ดังแสดงในภาพที่ 4.4 4.5 และ 4.6 ดังนี้

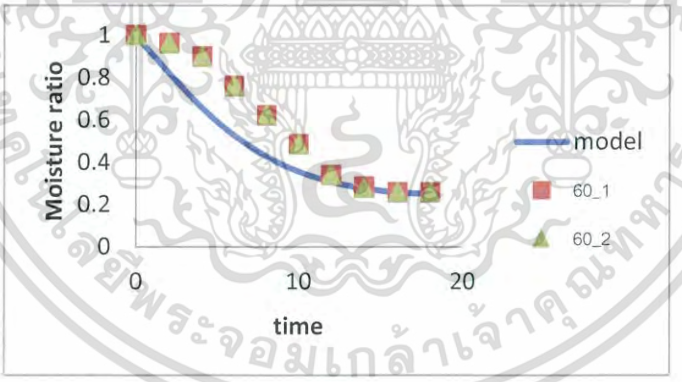
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(j)



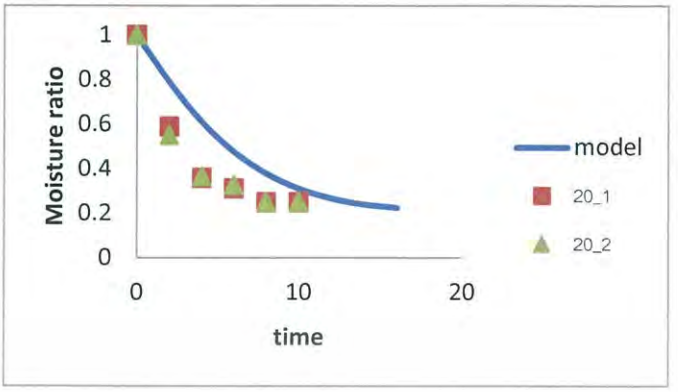
(k)



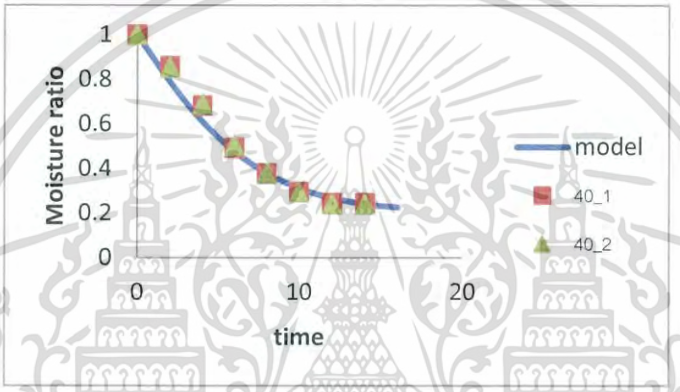
(l)

ภาพที่ 4.4 กราฟ (j) (k) และ (l) แสดงอัตราส่วนความชื้นที่ทดลองจริง เปรียบเทียบกับการใช้สมการทำนายอัตราส่วนความชื้นของการทำแห้งด้วยไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟติดพัดลม โดยใช้สมการของ Midilli ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 300 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม

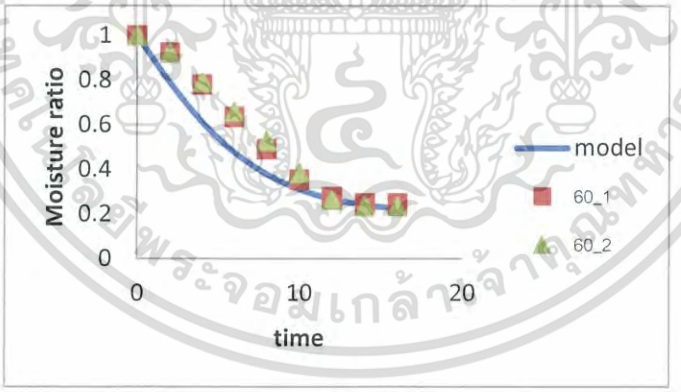
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(m)



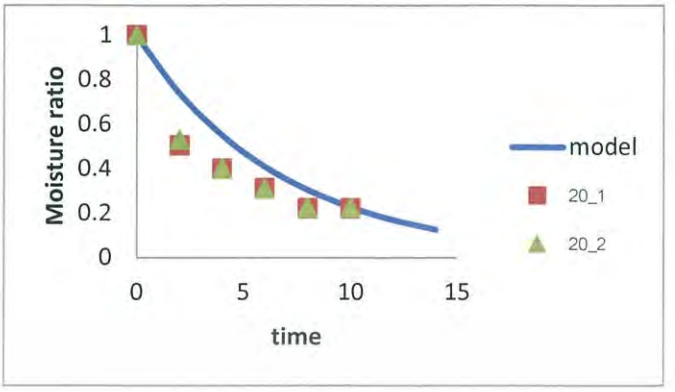
(n)



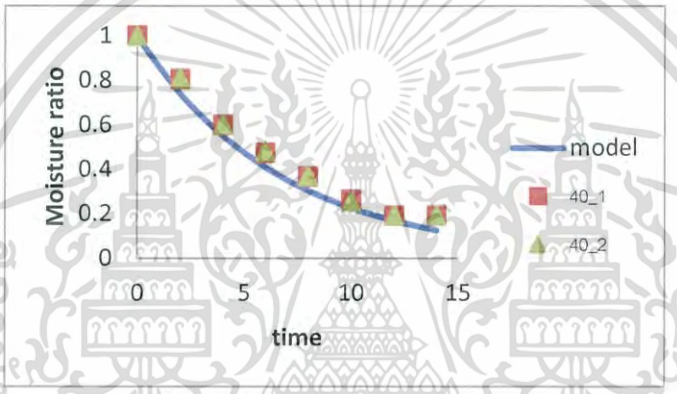
(o)

ภาพที่ 4.5 กราฟ (m) (n) และ (o) แสดงอัตราส่วนความชื้นที่ทดลองจริง เปรียบเทียบกับการใช้สมการทำนายอัตราส่วนความชื้นของการทำแห้งด้วยไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟติดพัดลม โดยใช้สมการของ Midilli ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 450 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม

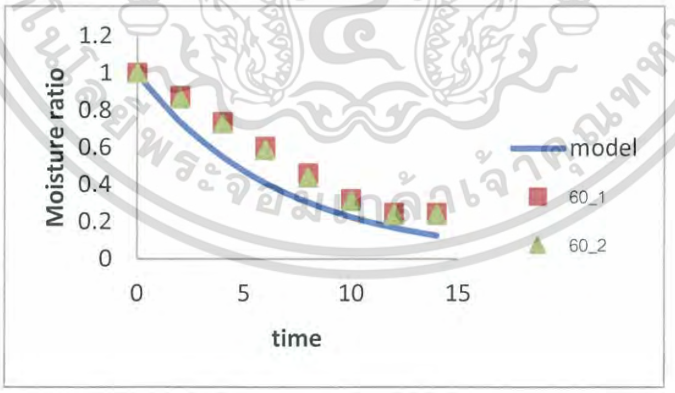
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(p)



(q)



(r)

ภาพที่ 4.6 กราฟ (p) (q) และ (r) แสดงอัตราส่วนความชื้นที่ทดลองจริง เปรียบเทียบกับการใช้สมการทำนายอัตราส่วนความชื้นของการทำแห้งด้วยไหมข้าวโพดด้วยไมโครเวฟติดพัดลม โดยใช้สมการของ Midilli ที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 600 วัตต์ และมวลของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ลักษณะทางกายภาพด้านสีหลังจากทำแห้ง

หลังจากทำแห้งไหมข้าวโพดแล้ว นำไหมข้าวโพด 1 กรัม ไปปั่นในเครื่องปั่นเป็นเวลา 1 นาที และนำผงไหมข้าวโพดที่ได้ มาวัดสีด้วยเครื่อง Minolta CR400 ซึ่งตัวเปรียบเทียบคือไหมข้าวโพดสดซึ่งใช้วิธีเดียวกันในการวัดสีซึ่งผลที่ได้คือ

4.2.1 ไมโครเวฟ

สำหรับไมโครเวฟที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 600 วัตต์ และไหมข้าวโพดสด 20 กรัมมีไหมข้าวโพดมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสีน้อยที่สุดเพราะ มีค่า ΔE ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างของสีโดยรวมเทียบกับไหมข้าวโพดสดซึ่งค่าที่ได้มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกันที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 300 450 และ 600 และน้ำหนักของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพด้านสีของไหมข้าวโพดหลังจากทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

watt	Weight	ΔE	Chroma	Hue
300	20	6.40^{a}	28.52^{a}	73.77^{cd}
	40	6.76^{ab}	28.26^{a}	73.18^{bcd}
	60	7.78^{abc}	28.93^{ab}	71.23^{a}
450	20	7.98^{abc}	28.92^{ab}	72.78^{bc}
	40	9.97^{c}	30.06^{cd}	71.30^{a}
	60	8.31^{abc}	30.64^{d}	72.11^{ab}
600	20	5.92^{a}	28.90^{ab}	73.94^{d}
	40	7.46^{abc}	29.44^{bc}	73.06^{bcd}
	60	9.27^{bc}	29.09^{ab}	71.32^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ไมโครเวฟติดพัดลม

สำหรับไมโครเวฟติดพัดลมที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 300 วัตต์ และไหมข้าวโพดสด 40 กรัม และระดับกำลังไมโครเวฟ 450 วัตต์ และไหมข้าวโพด 60 กรัม มีค่า ΔE ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างของสีไหมข้าวโพดซึ่งเปรียบเทียบกับไหมข้าวโพดสดซึ่งค่าที่ได้มีค่าน้อยที่สุด และทั้งสองกรณีมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับระดับกำลัง 300 450 และ 600 วัตต์ และน้ำหนักของไหมข้าวโพดสด 20 40 และ 60 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพด้านสีของไหมข้าวโพดหลังทำแห้งด้วยไมโครเวฟติดพัดลม

watt	Weight	ΔE^{ns}	$Chroma^{ns}$	Hue
300	20	10.78	28.31	71.49^{ab}
	40	6.68	28.06	73.93^{b}
	60	9.01	28.59	71.97^{ab}
450	20	8.60	28.75	71.98^{ab}
	40	7.25	28.33	73.18^{b}
	60	6.72	28.44	73.14^{b}
600	20	12.57	26.82	71.72^{ab}
	40	10.41	27.99	71.92^{ab}
	60	12.43	28.32	70.12^{a}

4.2.3 ตู้อบลมร้อน

สำหรับวิธีตู้อบลมร้อนใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสจนกระทั่งน้ำหนักของไหมข้าวโพดคงที่โดยชั่งทุก 30 นาที หลังจากทำการวัดสีของไหมข้าวโพดแล้วพบว่า สีของไหมข้าวโพดมีค่าความแตกต่างของสีโดยรวมประมาณ 2.79 ซึ่งมีค่าน้อยมากเนื่องจากใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียสทำให้สีของไหมข้าวโพดยังคงใกล้เคียงกับไหมข้าวโพดสดมากที่สุด

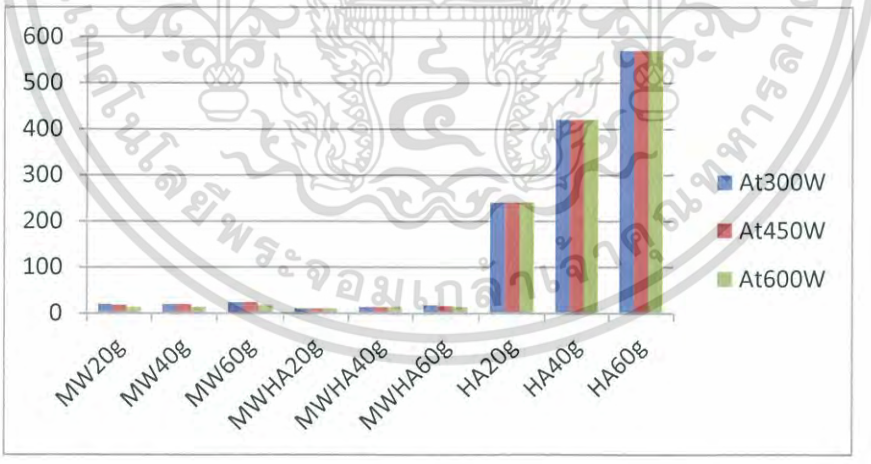
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ลักษณะทางกายภาพด้านสีของไหมข้าวโพดหลังจากทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน

mass	ΔE	Chroma	Hue angle
20g	3.36	23.22	71.18
40g	2.36	24.18	72.43
60g	2.65	23.31	72.09

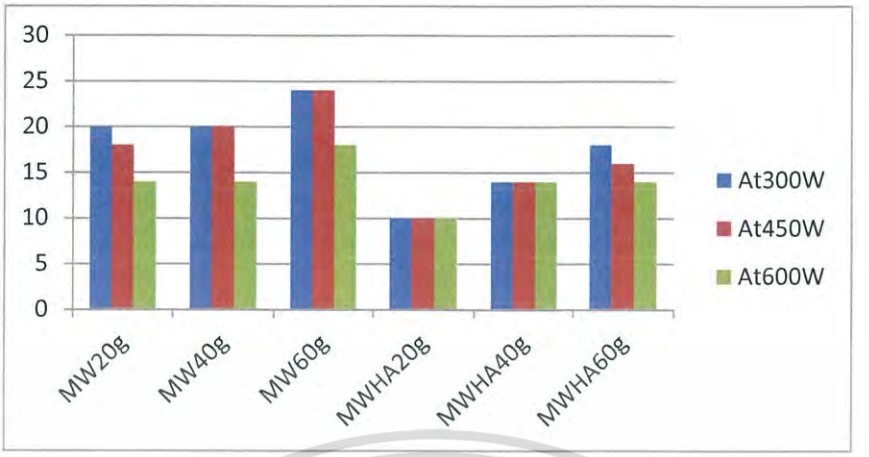
4.3 ระยะเวลาในการทำแห้ง

ระยะเวลาในการทำแห้งสำหรับไมโครเวฟสูงสุดคือ 24 นาที ไมโครเวฟติดพัดลม 18 นาที และตู้อบลมร้อน 570 นาที ซึ่งผลที่ทำให้ทราบถึงระยะเวลาในการทำแห้งที่ลดลงหลังจากติดตั้งพัดลมไว้ที่ไมโครเวฟซึ่งถือว่าไมโครเวฟติดพัดลมเป็นอุปกรณ์การทำแห้งที่ลดระยะเวลาในการทำแห้งให้ลดลงได้ดี สามารถดูความแตกต่างได้จากกราฟแท่ง ซึ่งประกอบด้วยระดับกำลังไมโครเวฟ 300 450 และ 600 วัตต์ มวลของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตู้อบลมร้อนใช้เวลานานกว่ามาก แต่สามารถใช้อบตัวอย่างได้ปริมาณมากกว่าไมโครเวฟ ส่วนไมโครเวฟมีระยะเวลาในการทำแห้งน้อยกว่า แต่สามารถอบได้สูงสุดทีละ 60 กรัม สำหรับไหมข้าวโพด สามารถดูกราฟประกอบได้ดังภาพที่ 4.6



(s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(t)

ภาพที่ 4.7 กราฟ (s) และ (t) แสดงระยะเวลาในการทำแห้งไหมข้าวโพดของไมโครเวฟ ไมโครเวฟติดพัดลม ที่ระดับกำลัง 300 450 และ 600 วัตต์ มวลของไหมข้าวโพดสด 20 40 และ 60 กรัม และตู้อบลมร้อน ที่ใช้ไหมข้าวโพดสด 20 40 และ 60 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 สมการทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistic 22 พบว่า สมการทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายอัตราส่วนความชื้นของตัวอย่างไหมข้าวโพด คือสมการของ Midilli เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสมการของ Page และ Logarithmic รวมไปถึงค่ารากที่สองของความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับสมการของ Page และ Logarithmic

5.1.2 สมการทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำแห้งด้วยไมโครเวฟติดพัดลม

จากการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistic 22 พบว่า สมการทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายอัตราส่วนความชื้นของตัวอย่างไหมข้าวโพด คือสมการของ Midilli และ Logarithmic เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจใกล้เคียงกัน และเมื่อเทียบกับสมการของ Page พบว่าสมการของ Page มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจน้อยที่สุดเมื่อเทียบกันทั้ง 3 สมการ รวมไปถึงค่ารากที่สองของความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของ Midilli และ Logarithmic มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเทียบกับสมการของ Page พบว่า Page มีค่ารากที่สองของความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยสูงกว่าสมการของ Midilli และ Logarithmic

5.1.3 เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง

เวลาที่ใช้สำหรับตู้อบลมร้อนเมื่อเทียบกันที่มวลพบว่าใช้เวลาสูงสุด 570 นาที ไมโครเวฟใช้เวลาสูงสุด 18 นาที และไมโครเวฟติดพัดลมใช้เวลาสูงสุด 14 นาทีในการทำแห้งไหมข้าวโพดจำนวน 60 กรัม ซึ่งไมโครเวฟติดพัดลมจะประหยัดเวลาที่ใช้ในการทำแห้งได้มากที่สุด

5.1.4 ความชื้น ณ จุดสุดท้าย

ตู้อบลมร้อน ไหมข้าวโพดมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 9.78%ไมโครเวฟ ไหมข้าวโพดมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 7.69% และไมโครเวฟติดพัดลม ไหมข้าวโพดมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 7.56%

5.1.5 จุดที่เหมาะสมของการทดลอง

จุดที่ค่าของสีใกล้เคียงกับไหมข้าวโพดสดมากที่สุดหลังจากทำแห้งด้วยไมโครเวฟคือที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 600 วัตต์ และมวลไหมข้าวโพดสด 20 กรัม และสำหรับไมโครเวฟติดพัดลมคือที่ระดับกำลังไมโครเวฟ 600 วัตต์ และมวลไหมข้าวโพดสด 40 กรัม ซึ่งเป็นจุดที่ค่าความแตกต่างของสีโดยรวมน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกันที่ระดับกำลัง 300 450 และ 600 วัตต์ มวลของไหมข้าวโพด 20 40 และ 60 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.1 ไมโครเวฟติดพัดลมควรปรับความเร็วของลมเพื่อทำให้มีความยืดหยุ่นของการทำแห้ง และทำให้สามารถเพิ่มความสามารถในการทำแห้งได้ดีขึ้นสำหรับอาหารที่มีความชื้นสูง รวมไปถึงการติดตั้งตาชั่งเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักตัวอย่างที่นำออกมาชั่งระหว่างการทดลอง ตามตัวอย่างโมเดลที่ได้นำเสนอไปในบทที่ 2

5.2 เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องใช้เวลาในการทำเครื่องไมโครเวฟติดพัดลมมาก จึงทำให้การทดลองถูกลดจำนวนซ้ำลง ผลที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนทั้งความชื้น อัตราส่วนความชื้น รวมไปถึงค่าคงที่ของสมการที่ใช้ทำนายอัตราส่วนความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2539. กระบวนการทำแห้งอาหาร. ใน *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร*. คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สานักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ,หน้า 164-172

วิทิต วัณนาวิบูล. 2528. ข้าวโพด: อาหารสำหรับคนอ้วน [ออนไลน์] สืบค้นจาก https://www.doctor.or.th/ article/ detail/5997 (สืบค้นวันที่ 10 พฤษภาคม 2562)

อรุณี อภิชาติสรางกูร. 2545. การทำแห้ง.ในโครงการปฏิกิริยาฟีนอลออกซิเดสของกล้วยอบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.สานักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,หน้า 14 และ 20-21

Arslan, D. (2008). Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. Science Direct

Cha, J.H., Kim, S.R., Kang, H.J., Kim, M.H., Ha, A.W., Kim, W.K.(2016). Corn silk extract improves cholesterol metabolism in C57BL/6J mouse fed high fat diets. Nutr Res Pract. 10(5): 501–506.

Choi, D.J., Kim, S.L., Choi, J.W., Park, Y.I. (2014). Neuroprotective effects of corn silk maysin via inhibition of H 2O2 induced apoptotic cell death in SK N MC cells. Life Sciences. 109(1). 57–64.

Darvishi, H., Azadbakht, M., Rezaeiasl, A., Farhang A. (2012). Drying characteristics of sardine fish dried with microwave heating. King Saud University. Science direct.

Harchegani, T. (2016). Dehydration behaviour, mathematical modelling, energy efficiency and essential oil yield of peppermint leaves undergoing microwave and hot air treatments. Shahrekord University. Science direct.

Monteiro R. L., Link J. V., Tribuzi G., Carciofi B. A.M., Laurindo J. B. (2018). Microwave vacuum drying and multi-flash drying of pumpkin slices. Science direct.

Maskan, M. (1999). Microwave with air and microwave finish drying of banana. Science direct.

Velazquez, D. V. O., Xavier, H. S., Batista, J. E. M., & De Castro-Chaves, C. (2005). Zea mays L. extracts modify glomerular function and potassium urinary excretion in conscious rats. Phytomedicine, 12. 363–369.

Wikipedia. (2019) Hot air oven. [online available]. https://en.wikipedia.org /wiki / Hot_air_oven (May,1st 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไหมข้าวโพด

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของไหมข้าวโพด (Moisture content) (AOAC, 2000)

วิธีการทดลอง

1. อบถ้วยอลูมิเนียมไปอบไล่ความชื้นที่ 135 °C 2 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบ ใส่ในโถดูดความชื้น รอทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งจนได้น้ำหนักแน่นอน (W)
2. ใส่ตัวอย่างอาหารที่บดแล้วลงในถ้วยอลูมิเนียม ให้น้ำหนักตัวอย่างอาหารที่บดแล้ว 3 กรัม บันทึกน้ำหนักของถ้วยอลูมิเนียมกับตัวอย่าง (W_1)
3. นำเข้าไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 °C 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาถ้วยอลูมิเนียม
4. นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนัก (W_2)

คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{(W-W_1)-(W-W_2)}{(W-W_1)} x\ 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียม

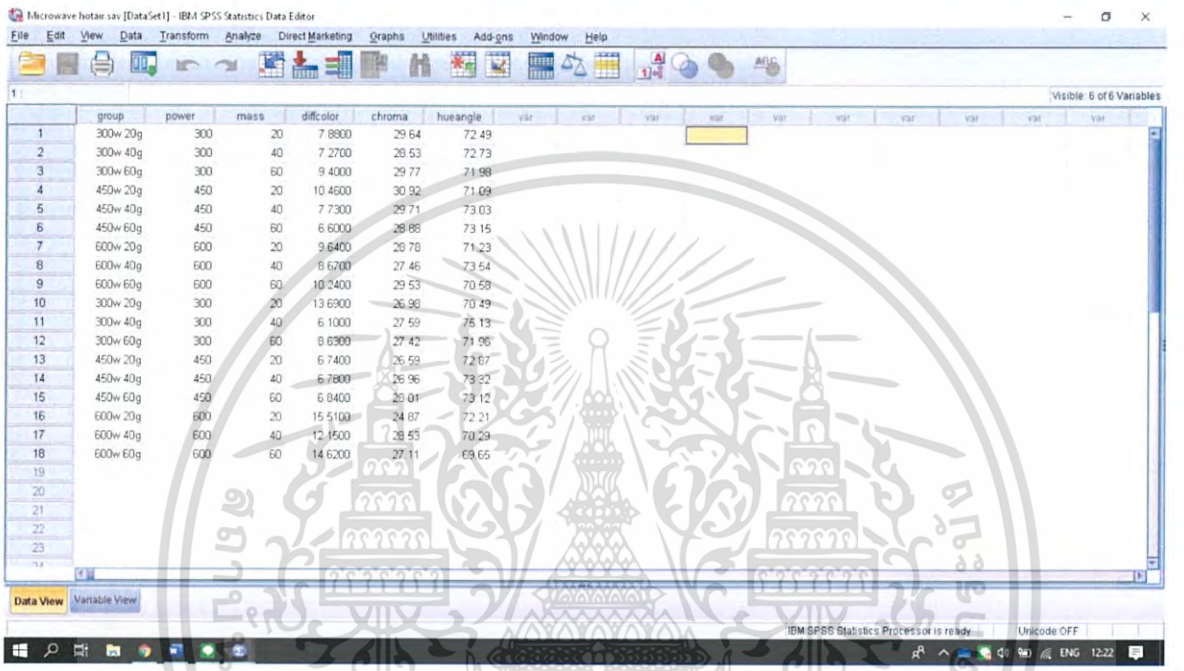
W_1 = น้ำหนักของถ้วยอลูมิเนียมกับน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

W_2 = น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมกับน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

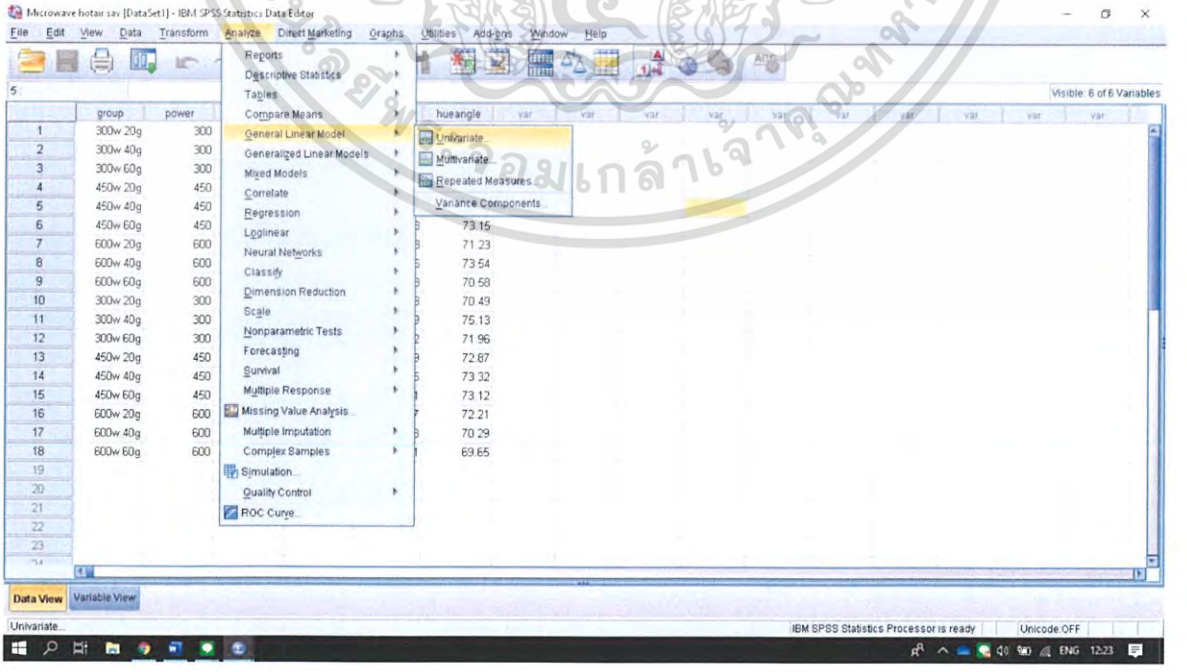
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ

ข.1 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Factorial ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

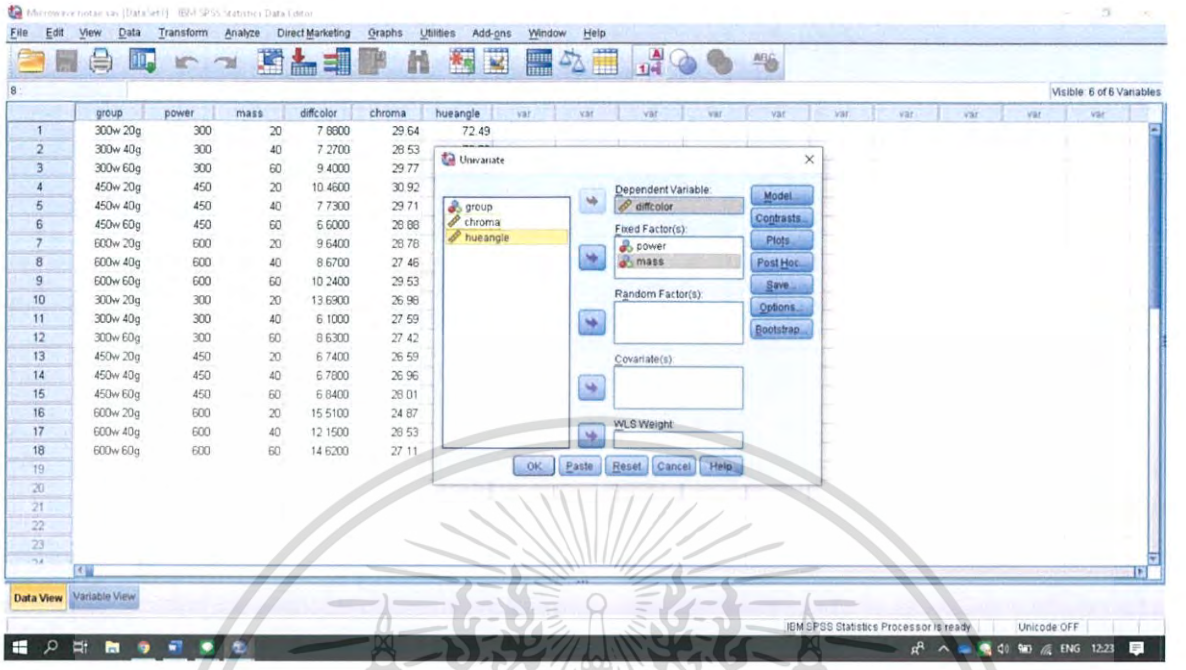


1. เปิดโปรแกรม และนำข้อมูลใส่ที่เซลล์แต่ละเซลล์



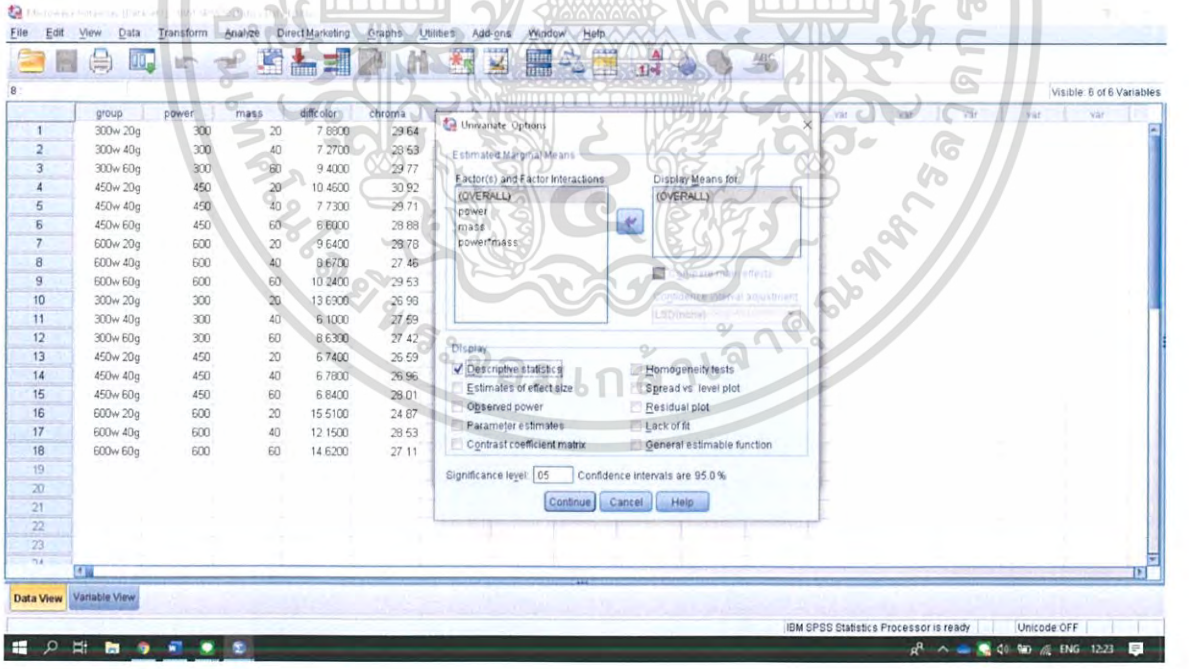
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เลือก Analyze – General Linear Model – Univariate



3. เลือก Dependent Variable เป็น diff color, chroma และ hue angle

4. Fixed factor(s) เป็น power และ mass

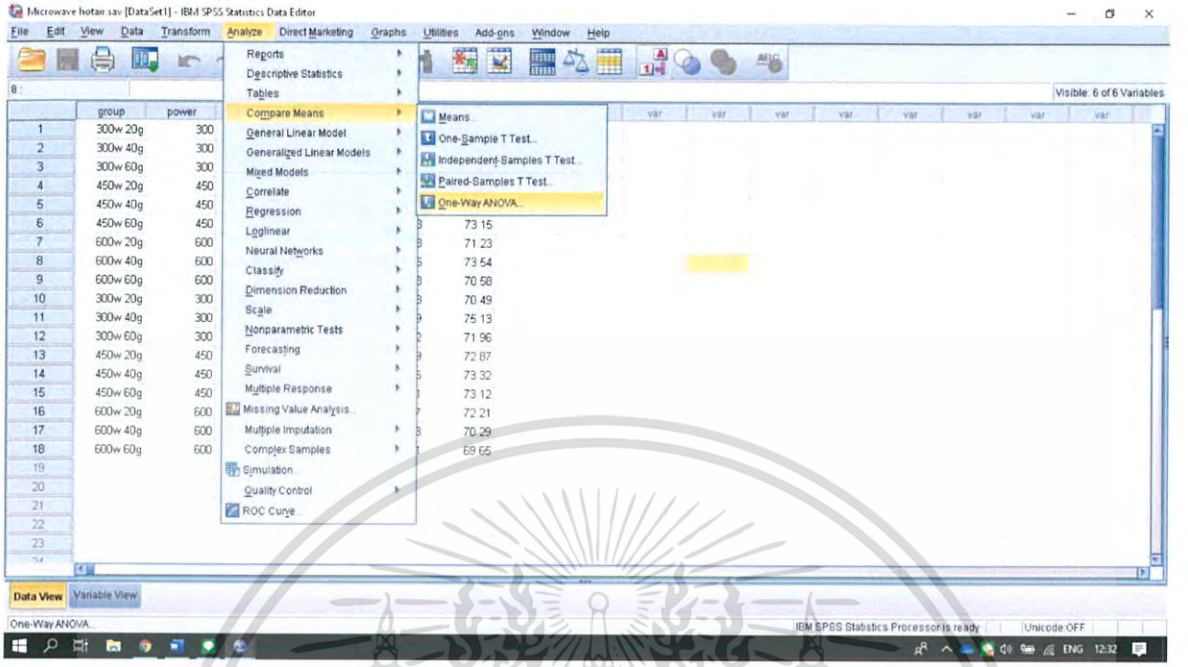


5. เลือก Option และเลือก Descriptive statistics

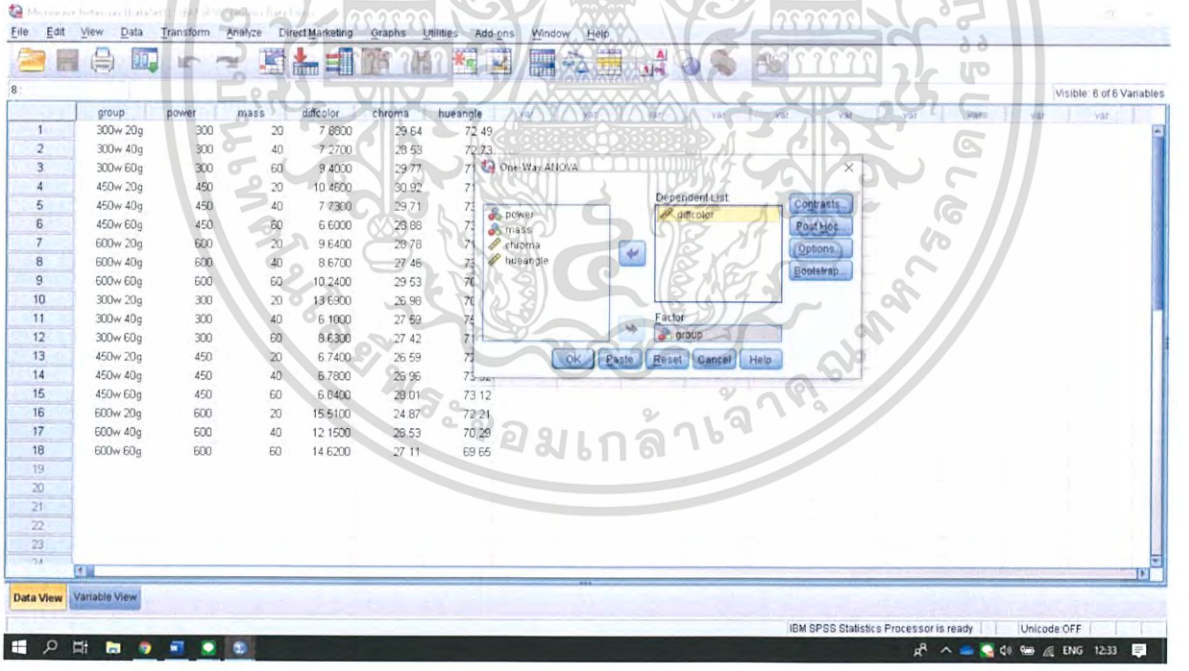
6. อ่านผลจากตารางที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละกลุ่มด้วยวิธี Duncan โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistic 22

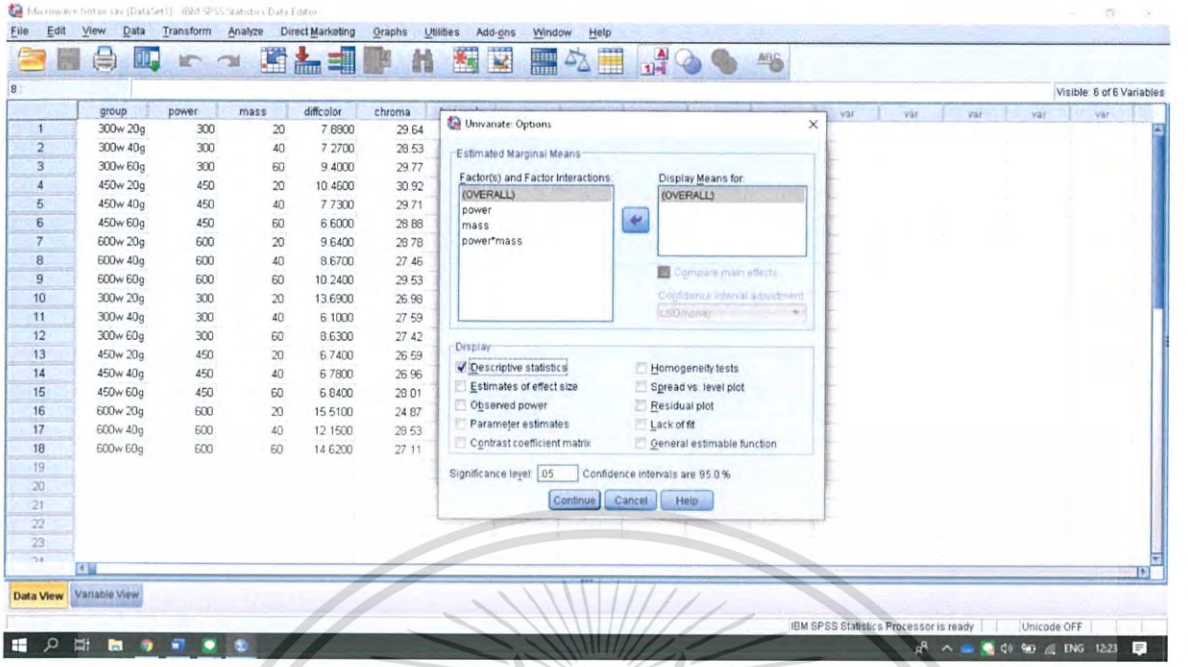


1. เลือก Compare means – One-way anova



2. เลือก Dependent List – diff color, chroma หรือ hue angle
3. Factor เลือก Group ที่สร้างไว้

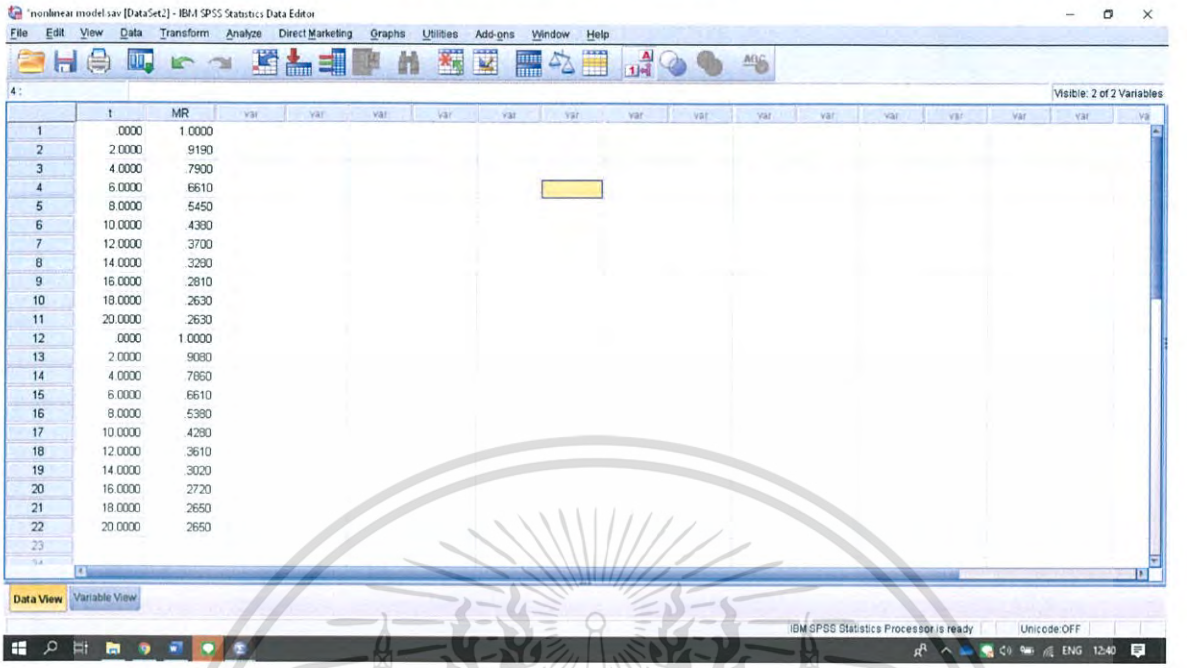
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



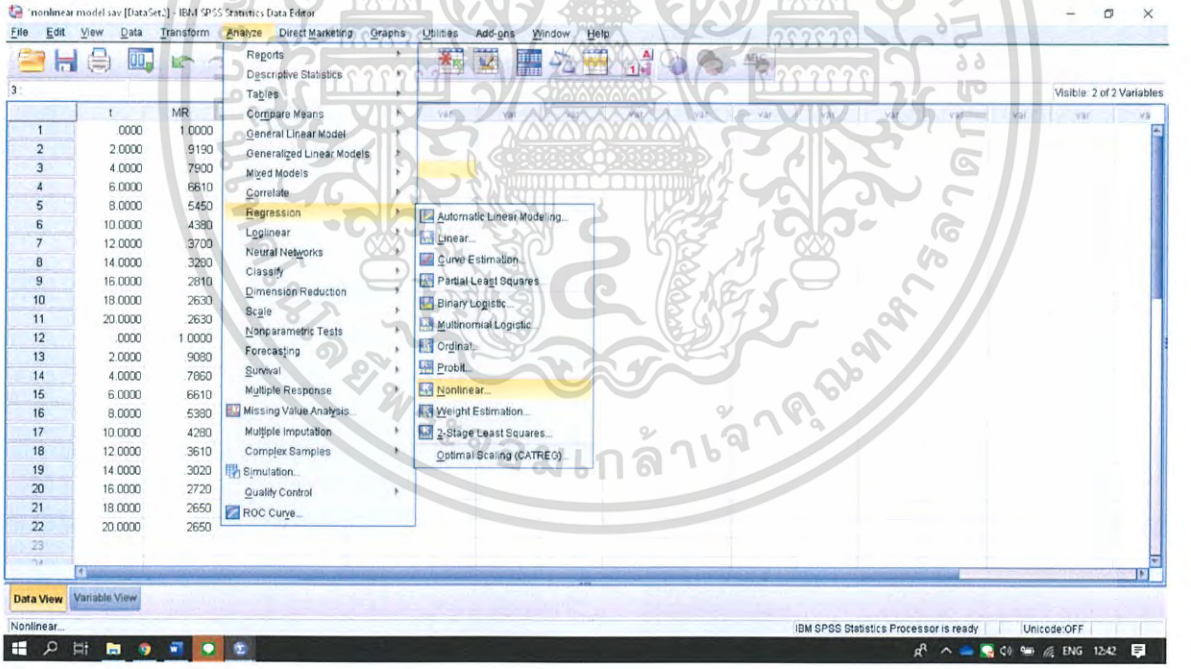
4. เลือก Post hoc multiple comparisons คลิกที่ช่อง Duncan และกด Continue
5. อ่านผลจากตาราง และสรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 การวิเคราะห์สมการแบบ nonlinear regression ด้วย IBM SPSS Statistic 22

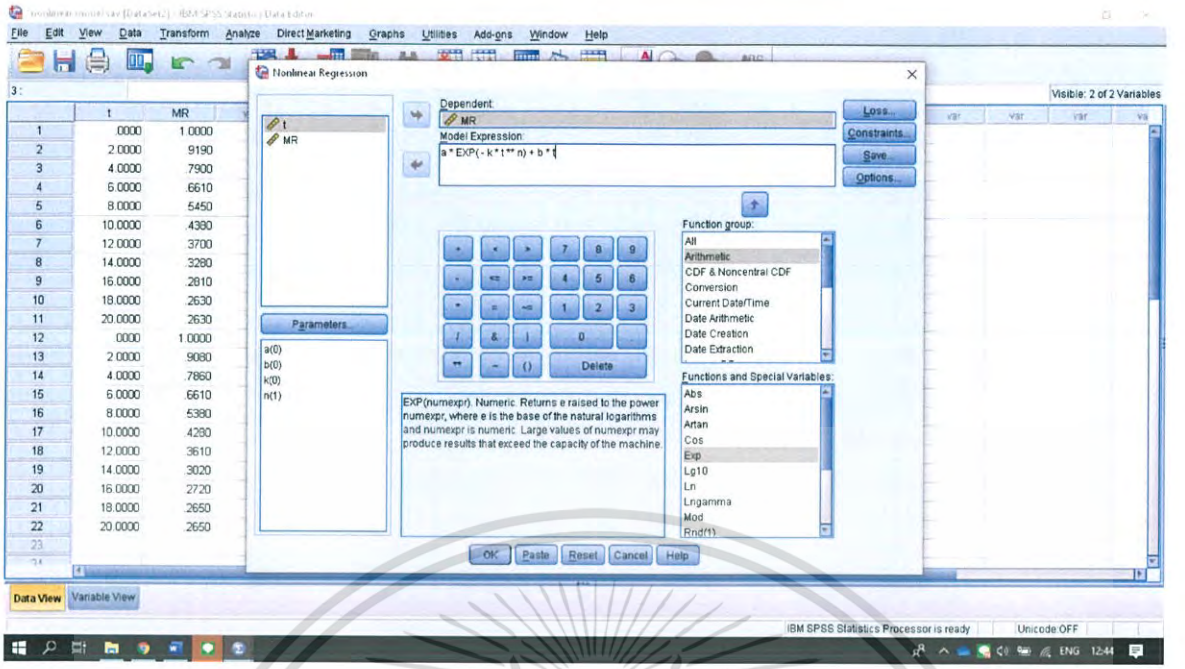


1. สร้างเซลล์ และใส่ข้อมูล เวลา และอัตราส่วนความชื้น

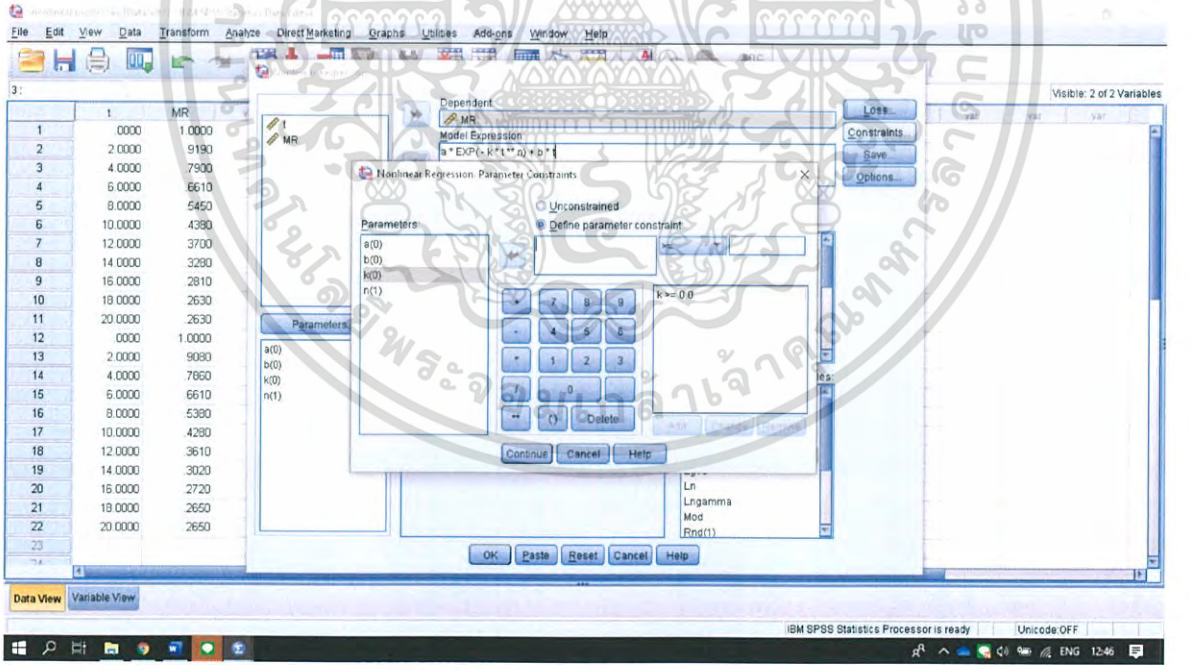


2. เลือก Analyze – Regression – nonlinear

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3. กำหนด Dependent เป็นอัตราส่วนความชื้น
4. กำหนด Parameter และกำหนดค่าเริ่มต้น ที่ต้องใช้ในสมการ
5. สร้าง model ด้วย parameter ที่กำหนด



6. เลือก Constraints เพื่อกำหนดค่าของตัวแปรที่ต้องการ
7. เลือก Save และเลือก Predict Value เพื่อให้โปรแกรมบันทึกค่าที่ทำนายจากสมการเพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าจริงที่ได้จากการทดลอง
8. อ่านผล และสรุปผลที่ได้จากการทำนาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.
เครื่องไมโครเวฟติดพัดลม

ภาพที่ ค.1 ไมโครเวฟติดพัดลม Front view

ภาพที่ ค.2 ไมโครเวฟติดพัดลม top view

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
การคำนวณโดยใช้โปรแกรม excel

ง.1 การคำนวณค่า Root mean square error และ Chi square

จากสูตร $Root\ mean\ square\ error = [\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2]^{\frac{1}{2}}$

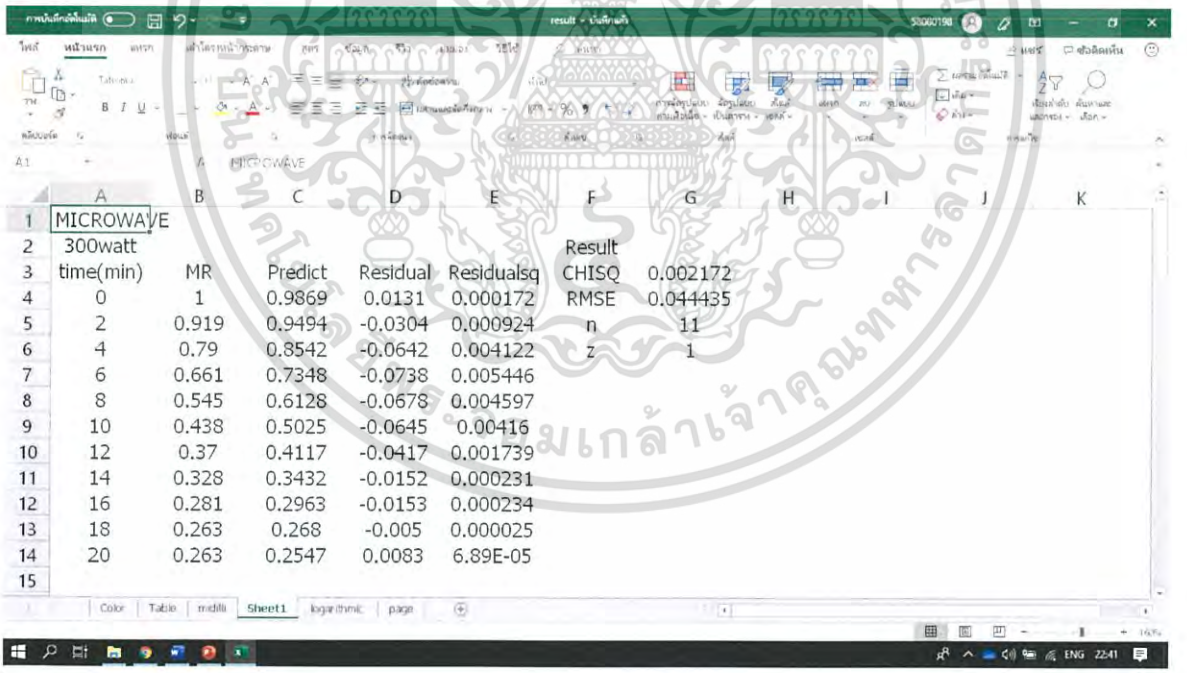
และ $Chi\ square\ (\chi^2) = \frac{\sum_{i=1}^{N}(MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N-Z}$

แทนค่า $MR_{exp,I}$ ด้วยค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทดลอง

$MR_{pre,I}$ ด้วยค่าอัตราส่วนความชื้นที่ได้จากการทำนายด้วยสมการทางคณิตศาสตร์

n = จำนวนค่าอัตราส่วนความชื้นทั้งหมด

z = ค่าคงที่ทั้งหมด (ในที่นี้นำมา 1 ซ้ำมีค่าคงที่ค่าเดียวคือ 1)



	A	B	C	D	E	F	G
1	MICROWAVE						
2	300watt					Result	
3	time(min)	MR	Predict	Residual	Residualsq	CHISQ	0.002172
4	0	1	0.9869	0.0131	0.000172	RMSE	0.044435
5	2	0.919	0.9494	-0.0304	0.000924	n	11
6	4	0.79	0.8542	-0.0642	0.004122	z	1
7	6	0.661	0.7348	-0.0738	0.005446		
8	8	0.545	0.6128	-0.0678	0.004597		
9	10	0.438	0.5025	-0.0645	0.00416		
10	12	0.37	0.4117	-0.0417	0.001739		
11	14	0.328	0.3432	-0.0152	0.000231		
12	16	0.281	0.2963	-0.0153	0.000234		
13	18	0.263	0.268	-0.005	0.000025		
14	20	0.263	0.2547	0.0083	6.89E-05		
15							

ภาพที่ ง.1 ตัวอย่างการคำนวณค่า Root mean square error และ Chi square ของค่าอัตราส่วนความชื้น ด้วยโปรแกรม excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.2 การคำนวณค่าความแตกต่างของสีโดยรวม ความสว่างของสี และมุมของสี

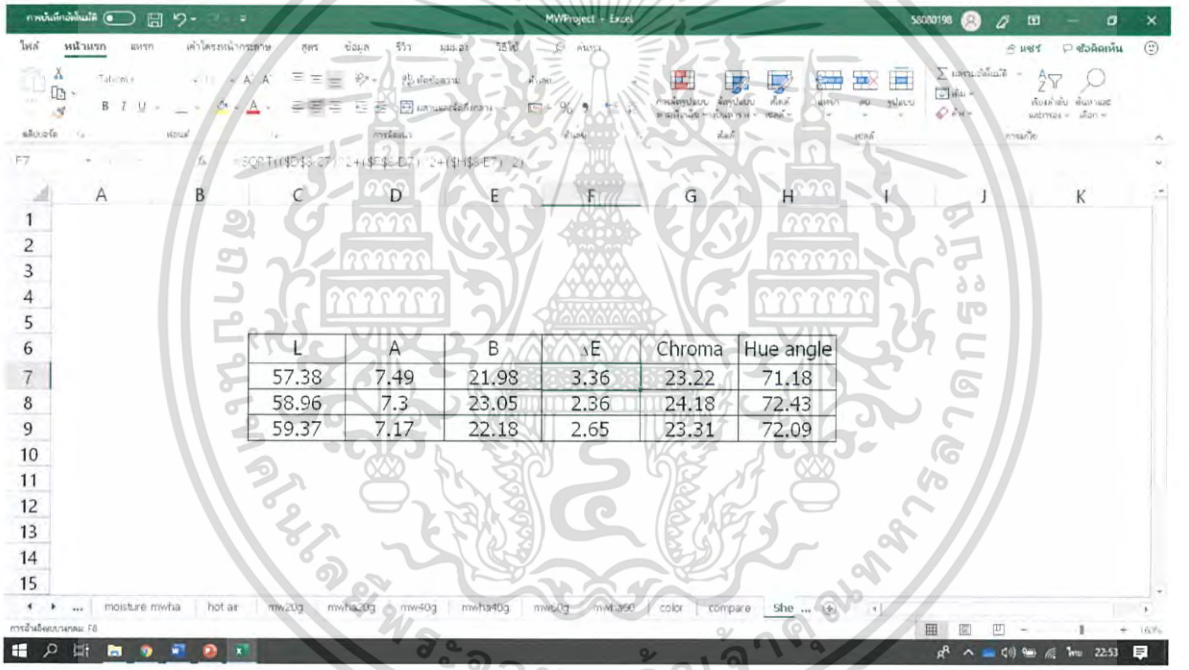
จากสูตร $\Delta E = \sqrt{(L - L_{ref})^2 + (a - a_{ref})^2 + (b - b_{ref})^2}$

$$\text{Chroma} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

และ $$Hue\ angle = \tan^{-1}\frac{b}{a}$$

ค่า Ref คือค่าอ้างอิง ในที่นี้ใช้ไหมข้าวโพดสด

ค่า L a b คือค่าที่อ่านได้จากเครื่อง Minolta CR400



L	A	B	ΔE	Chroma	Hue angle
57.38	7.49	21.98	3.36	23.22	71.18
58.96	7.3	23.05	2.36	24.18	72.43
59.37	7.17	22.18	2.65	23.31	72.09

ภาพที่ ง.2 ตัวอย่างการคำนวณค่าความแตกต่างสีโดยรวมจากค่า L a b ที่ได้จากเครื่อง Minolta CR400 ด้วยโปรแกรม excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายก่อ คงมั่น
วัน เดือน ปี เกิด	7 กันยายน 2536
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2552	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น : โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย
พ.ศ. 2555	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย : โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย สายวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์
พ.ศ. 2556	เข้าศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน	maintenance engineer บริษัท มอนเดลีซ อินเตอร์เนชันแนล (ประเทศไทย) จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายภัทรดนัย ปัญญกุลเกียรติ
วัน เดือน ปี เกิด	25 กุมภาพันธ์ 2540
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2554	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น : นวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา ๒
พ.ศ. 2557	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย : นวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา ๒ สายวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์
พ.ศ. 2558	เข้าศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน	เจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิต บริษัท ซีพีแรม จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายวรปรัชญ์ วัฒนพิชญากูล

วัน เดือน ปี เกิด 7 กันยายน 2539

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2554 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น :
โรงเรียนพนัชพิทยาคาร

พ.ศ. 2557 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย :
โรงเรียนพนัชพิทยาคาร
สายวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์

พ.ศ. 2558 เข้าศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงาน เจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิต บริษัท ไพร์มโพรดักส์ อินดัสทรี จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้