

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพน้ำพริกแกงแดง

Influence of drying method on quality of Thai red curry paste



โดย
นายธีรพล สวีน
นายพิพัฒน์ ณะสินธนา

เลขที่.....
เลขทะเบียน.....**83042**
วัน,เดือน,ปี.....**31 ก.ค. 2551**

b. **11960905**
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

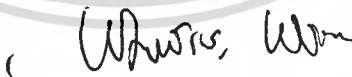
เรื่อง ผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพน้ำพริกแกงแดง

ผู้จัดทำ

นายธีรพล สวิง

นายพิพัฒน์ ณะสินธนา




อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ผลของวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพน้ำพริกแกงแดง
นักศึกษา นายธีรพล สวิง
นายพิพัฒน์ ณะสินธนา
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์
ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาผลของการทำแห้งด้วยลมร้อน, ไมโครเวฟ และลูกกิ้ง ต่อค่าสี, ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH, ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก และวอเตอร์ซอร์พชันไอโซเทอมของน้ำพริกแกงแดง โดยจากการศึกษาพบว่าในการทำแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ เมื่อใช้อุณหภูมิและกำลังวัตต์ที่สูงขึ้น ส่งผลให้อัตราการทำแห้งเพิ่มขึ้น และอัตราการทำแห้งด้วยไมโครเวฟนั้นสูงกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อนมาก และพบว่าในการทำแห้งด้วยลูกกิ้งที่อุณหภูมิ 133.86°C และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 230.042 วินาที จะทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก, ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มขึ้นมากที่สุด

Report Title Influence of drying method on qualities of Thai red curry paste
Student Mr. Teerapon Swing
Mr. Pipat Thanasinthana
Advisor Associate Professor Dr. Pimphen Pornchalermpong
Report for Bachelor Degree in Food Engineering
Department of Food Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

In this study, the influence of drying by hot air, microwave and drum method on color, total phenolic compound, ability to anti-DPPH, ability to reduce ferric and water sorption isotherm of Thai red curry paste were evaluated. The results showed that drying with hot air and microwave method, when using higher temperature and power are causing more drying rate. Drying rate of microwave method are much higher than hot air method. By drying with drum method with temperature 133.86°C and time 230.42 second are the optimum condition to increase total phenolic compound, ability to anti-DPPH and ability to reduce ferric.

กิตติกรรมประกาศ

ปริยญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาและความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณ ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย สำหรับข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ขอขอบคุณ นางสาว สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น(พี่ต่าย) นักศึกษาปริยญาเอก คณะอุตสาหกรรมเกษตร สำหรับความช่วยเหลือต่างๆ ในงานวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

| | |
|---|----|
| สารบัญ..... | ก |
| สารบัญตาราง..... | ง |
| สารบัญรูป..... | จ |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ..... | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงการ..... | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎี..... | 3 |
| 2.1 น้ำพริกแกงแดง..... | 3 |
| 2.1.1 พริก..... | 3 |
| 2.1.2 กระเทียม..... | 4 |
| 2.1.3 ข่า..... | 4 |
| 2.1.4 ตะไคร้..... | 5 |
| 2.1.5 มะกรูด..... | 6 |
| 2.1.6 หอมแดง..... | 6 |
| 2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ..... | 6 |
| 2.3 สารประกอบฟีนอลิก..... | 7 |
| 2.4 การอบแห้ง..... | 8 |
| 2.4.1 ทฤษฎีทั่วไปของการอบแห้ง..... | 8 |
| 2.4.2 พื้นฐานการอบแห้ง..... | 8 |
| 2.4.3 จุดประสงค์ในการอบแห้ง..... | 9 |
| 2.4.4 ประโยชน์ของการอบแห้ง..... | 9 |
| 2.4.5 การถ่ายเทความร้อนและมวล..... | 9 |
| 2.5 การทำแห้งด้วยลมร้อน..... | 10 |
| 2.6 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ..... | 10 |
| 2.7 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่..... | 10 |
| 2.8 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์..... | 11 |
| 2.9 การออกแบบการทดลองด้วยวิธี Central composite design..... | 12 |
| 2.10 การวัดค่าสี..... | 13 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 2.11 วอเตอร์ซอร์พชั่น ไอโซเทอม..... | 13 |
| บทที่ 3 วิธีการทดลอง..... | 15 |
| 3.1 การทำแห้งด้วยลมร้อน..... | 15 |
| 3.2 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ..... | 16 |
| 3.3 การทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง..... | 16 |
| 3.4 การวิเคราะห์คุณภาพ..... | 18 |
| 3.4.1 การวัดค่าสี..... | 18 |
| 3.4.2 การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด..... | 18 |
| 3.4.3 การวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH..... | 19 |
| 3.4.4 การวัดความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก..... | 19 |
| 3.4.5 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส..... | 19 |
| 3.4.6 การหาวอเตอร์ซอร์พชั่น ไอโซเทอม..... | 20 |
| บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... | 21 |
| 4.1 อัตราการทำแห้ง..... | 21 |
| 4.1.1 การทำแห้งด้วยลมร้อน..... | 21 |
| 4.1.2 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ..... | 22 |
| 4.2 ผลต่อค่าสีของน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ..... | 24 |
| 4.3 ผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, ค่าความสามารถในการต้านอนุมูล อิสระDPPH และค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของน้ำพริกแกงแดงที่ผ่าน การทำแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ..... | 25 |
| 4.4 ผลต่อค่าสีของน้ำพริกแกงแดงในการทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง..... | 27 |
| 4.4.1 ผลต่อค่าความสว่าง (L)..... | 27 |
| 4.4.2 ผลต่อค่าความเป็นสีแดง (a)..... | 28 |
| 4.4.3 ผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง (b)..... | 29 |
| 4.5 ผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านการทำ แห้งด้วยลูกกลิ้ง..... | 30 |
| 4.6 ผลต่อค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPHของน้ำพริกแกงแดงที่ผ่าน การทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง..... | 31 |
| 4.7 ผลต่อค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านการทำ แห้งด้วยลูกกลิ้ง..... | 32 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| 4.8 ผลของการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านการ ทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง..... | 33 |
| 4.8.1 ผลต่อคะแนนค่าสี..... | 33 |
| 4.8.2 ผลต่อคะแนนค่ากลิ่น..... | 33 |
| 4.8.3 ผลต่อคะแนนค่ารสชาติ..... | 34 |
| 4.8.4 ผลต่อคะแนนโดยรวม..... | 34 |
| 4.9 วอเตอร์ชอร์พชั้นไอโซโทม..... | 37 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... | 38 |
| เอกสารอ้างอิง..... | 39 |
| ภาคผนวก ก..... | 40 |
| ภาคผนวก ข..... | 44 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 2.1 ค่าของ code level ใน Central composite design..... | 13 |
| ตารางที่ 3.1 การออกแบบการทดลองในการทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง..... | 17 |
| ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างของน้ำพริกที่นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส..... | 19 |
| ตารางที่ 4.1 ค่าคงที่ของสมการ Newton, สมการของ Page และสมการของ Henderson ของ การทำแห้งด้วยลมร้อน..... | 22 |
| ตารางที่ 4.2 ค่าคงที่ของสมการ Newton, สมการของ Page และสมการของ Henderson ของ การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ..... | 23 |
| ตารางที่ 4.3 ผลของอุณหภูมิต่อค่าสีน้ำพริกแกงแดงสำหรับในการทำแห้งด้วยไมโครเวฟและ ลมร้อน..... | 24 |
| ตารางที่ 4.4 ผลของอุณหภูมิและกำลังวัตต์ต่อน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ และลมร้อน..... | 25 |
| ตารางที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้ง ด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของน้ำพริกแกงแดง..... | 26 |
| ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลองกับค่าการทำนายจากแบบจำลองสมการ ทางคณิตศาสตร์..... | 36 |

สารบัญรูปภาพ

หน้า

| | |
|--|----|
| รูปที่ 2.1 Central composite design ใน 2 ปัจจัย | 12 |
| รูปที่ 2.2 กราฟทั่วไปของวอเตอร์ซอร์พชัน ไอโซเทอม..... | 14 |
| รูปที่ 3.1 การเตรียมน้ำพริกก่อนทำแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ..... | 15 |
| รูปที่ 3.2 การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน..... | 16 |
| รูปที่ 3.3 การทำแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟ..... | 16 |
| รูปที่ 3.4 การทำการทดลองหาวอเตอร์ซอร์พชัน ไอโซเทอม..... | 20 |
| รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความชื้นกับเวลาในการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C, 70°C และ 80°C..... | 21 |
| รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความชื้นกับเวลาในการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ ที่กำลัง 180 W, 360 W และ 540 W..... | 22 |
| รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความชื้นกับเวลาในการทำแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ... | 23 |
| รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้งและค่าความสว่าง (L).. | 27 |
| รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้งและค่าความเป็นสี แดง (a)..... | 28 |
| รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้งและค่าความเป็นสี เหลือง (b)..... | 29 |
| รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้งและสารประกอบ ฟีนอลิกทั้งหมด..... | 30 |
| รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้งและค่าความสามารถ ในการต้านอนุมูลอิสระDPPH..... | 31 |
| รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้งและค่าความสามารถ ในการรีดิวซ์เฟอร์ริก..... | 32 |
| รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้งและคะแนนค่าสี..... | 33 |
| รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้งและคะแนนค่ากลิ่น.... | 33 |
| รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้งและคะแนนค่ารสชาติ | 34 |
| รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้งและคะแนนโดยรวม.. | 34 |
| รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำในน้ำพริกที่ผ่านการทำแห้งแต่ละวิธีที่ความชื้น สัมพัทธ์ต่างๆ..... | 37 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

น้ำพริกแกงแดง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเครื่องเทศและสมุนไพรต่างๆ เช่น พริกสด พริกแห้ง หัวหอม กระเทียม ข่า ตะไคร้ ผีวมะกรูด บดผสมให้เข้ากัน อาจมีส่วนประกอบอื่น เช่น กะปิ น้ำตาล น้ำปลา เกลือ และอาจนำไปให้ความร้อนหรือไม่ก็ได้ นำไปประกอบอาหารได้ทันที

ผลิตภัณฑ์น้ำพริกแกงแดง จัดเป็นอาหารในกลุ่มกรดต่ำ (Low Acid Food) เนื่องจากมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ประมาณ 5-6 และมีค่า Water Activity (A_w) มากกว่า 0.85 โดยพบว่าสมุนไพรและเครื่องเทศต่างๆ

ที่เป็นส่วนประกอบของน้ำพริกแกงแดงนั้นมีสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) อยู่มาก โดยอนุมูลอิสระนี้เชื่อว่า มีผลต่อการอักเสบ และการทำลายเนื้อเยื่อในระยะสั้น ในระยะยาวอาจมีผลต่อ ความเสื่อมหรือการแก่ของเซลล์ และอาจเป็นสารการก่อมะเร็ง และโรคหัวใจ ต้อกระจก จากการวิจัยพบว่าสารต้านอนุมูลอิสระสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งได้ นอกจากนี้ในสมุนไพรต่างๆ ยังมีสรรพคุณในการละลายลิ่มเลือด ลดความดัน ความสามารถในการชะลอความแก่ ความสามารถในการต้านทานจุลชีพ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข, 2541)

น้ำพริกแกงแดงเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของไทย ปัจจุบันการแปรรูปน้ำพริกแกงแดงเพื่อส่งออกคือการบรรจุกระป๋อง ซึ่งจะมีน้ำหนักมาก ทำให้ไม่สะดวกต่อการขนส่ง ทางกลุ่มจึงได้มีแนวคิดที่จะเก็บรักษาน้ำพริกแกงแดงโดยการทำให้แห้ง โดยการทำให้แห้งนั้นเป็นวิธีที่มีศักยภาพสูงในการแปรรูปเพื่อส่งออก จะช่วยลดความชื้นและช่วยลดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ในอาหาร ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์อีกด้วย โดยสามารถนำไปประโยชน์ร่วมกับผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นได้ และยังเป็นการลดน้ำหนักและปริมาณทรง ซึ่งมีประโยชน์ต่อการขนส่ง การเคลื่อนย้ายและการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งปกติสภาวะที่ใช้ในการทำแห้งทำได้หลากหลายวิธีเช่นการใช้ตู้อบลมร้อนในการทำแห้ง ซึ่งเป็นการทำให้แห้งที่ใช้เวลาค่อนข้างนาน ต้นทุนต่ำ ส่วนการทำแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟ ใช้เวลาที่สั้นแต่ค่าใช้จ่ายมีค่าสูงส่วนการทำแห้งแบบลูกกลิ้งจะเป็นวิธีที่ใช้ทุนต่ำและใช้เวลาสั้น

ผลของความร้อนที่ใช้ในการทำแห้ง นอกจากจะทำให้ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาได้นานแล้วยังควบคุมไม่ให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ แต่การทำแห้งนั้นจะส่งผลต่อคุณภาพของน้ำพริกในด้านต่างๆ เช่น สี กลิ่น รส หรือปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นในการทำแห้งต้องคำนึงถึงวิธีการทำแห้ง สภาวะที่ใช้ในการทำแห้ง หรือระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งที่เหมาะสม

ซึ่งจากการค้นคว้าพบว่าข้อมูลยังไม่พบการศึกษาวิจัยเชิงลึกอย่างครบวงจรถึงผลกระทบทางความร้อนที่มีต่อการสลายตัวของสารต้านอนุมูลอิสระ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในกระบวนการให้ความร้อน รวมทั้งการศึกษาด้านการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำพริกแกงแดง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการแข่งขันและผลักดันให้อาหารไทยซึ่งมีส่วนประกอบของน้ำพริกแกงแดงเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาอัตราการทำแห้งน้ำพริกแกงแดง ด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ และผลต่อการทำแห้งด้วยวิธีดังกล่าว(สี สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก)ต่อคุณภาพน้ำพริกแกงแดง
2. หาสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งด้วยลูกกลิ้งต่อคุณภาพน้ำพริกแกงแดง
3. เพื่อเปรียบเทียบน้ำพริกแกงแดงในการทำแห้งด้วยแต่ละวิธี และแต่ละสภาวะ เพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจในการเลือกกระบวนการ และสภาวะในการทำแห้งน้ำพริกแกงแดงที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาอัตราการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่ 3 อุณหภูมิ คือ 60°C, 70°C และ 80°C
2. ศึกษาอัตราการทำแห้งด้วยเตาอบ ไมโครเวฟ ที่ 3 กำลังวัตต์ คือ 180, 360 และ 540 วัตต์
3. ศึกษาผลทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกงแดงที่เปลี่ยนแปลง หลังจากทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ที่ 13 การทดลอง ซึ่งมีตัวแปรควบคุม คือ เวลาในการทำแห้ง และอุณหภูมิ
4. ศึกษาค่าสี, ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของน้ำพริกแกงแดงที่เปลี่ยนไปหลังผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน, ไมโครเวฟ และเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ที่สภาวะต่างๆ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเพิ่มอายุการเก็บรักษาของน้ำพริกแกงแดง
2. สามารถเพิ่มคุณภาพของน้ำพริกแกงแดง
3. เป็นแนวทางในการศึกษาของผู้ที่สนใจต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 น้ำพริกแกงแดง

ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ปี พ.ศ.2525 ได้ให้ความหมายของน้ำพริกแกงว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากส่วนประกอบที่บดแล้วอาจผสมกะทิหรือน้ำมันบริโภคนิดอื่นได้ แล้วนำไปให้ความร้อนจนแห้งก็ได้แล้วแต่ประเภทของน้ำพริกแกง โดยรักษาคุณภาพและกลิ่นรสของน้ำพริกแกงนั้นๆ ไว้ นำไปใช้ได้ทันที น้ำพริกแกงแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือประเภทเปียก (curry paste) และประเภทแห้ง (dried curry paste) โดยส่วนประกอบสำคัญได้แก่ 1) เครื่องแกงและเครื่องเทศชนิดต่างๆ เช่น พริกสด พริกแห้ง ตะไคร้ ผิวมะกรูด หัวหอม กระเทียม ข่า รากผักชี ลูกผักชี ขี้น้ร่าและพริกไทย 2) เกลือบริโภคได้ 3) เครื่องปรุงแต่งรสต่างๆ ได้แก่ น้ำปลา น้ำตาล มะขามเปียกและอื่นๆ (ถ้ามี)

น้ำพริกแกงแดงเป็นน้ำพริกแกงชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยมนำไปเป็นส่วนประกอบหลักในอาหารไทยหลายชนิด โคนส่วนประกอบที่สำคัญในน้ำพริกแกงแดงมีดังนี้คือ พริกแห้ง กระเทียม ตะไคร้ ข่า หอมแดง ผิวมะกรูด กะปิ

เครื่องเทศและสมุนไพรหลักที่ใช้ทำน้ำพริกแกงแดง

2.1.1 พริก (Capsicum)

พริกเป็นพืชที่อยู่ในสกุล Capsicum มีอยู่หลายสายพันธุ์ เช่น พริกขี้หนูสวน (Capsicum minimum Roxb) พริกขี้หนู (Capsicum Linn.) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2526)

พริกประกอบด้วยสารที่มีรสเผ็ดร้อน จากรายงานของ Jorge Pino et al. (2006) และ Fumiharu et al. (2006) พบว่าสารที่ให้ความเผ็ดร้อนที่พบมากในตระกูลพริกคือ แคปไซซิน (รูปที่ 2.1) ซึ่งปริมาณของแคปไซซิน จะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์และระยะการเก็บเกี่ยวพริกบางสายพันธุ์ปริมาณของแคปไซซินจะลดลงเมื่อพริกแก่ แต่บางสายพันธุ์จะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในพริกยังอุดมไปด้วยสารฟลาโวนอยด์, วิตามินซี และปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก (Deepa et al. 2007)

ประโยชน์ต่อสุขภาพ

Chaiyata et al.(2003) ศึกษาผลของพริกขี้หนูต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในเลือด โดยให้อาสาสมัครหญิงดื่มเครื่องดื่มกลูโคสพร้อมกับพริกสด แล้ววัดการเปลี่ยนแปลงของระดับกลูโคสในเลือดเทียบกับการดื่มเครื่องดื่มกลูโคสอย่างเดียว พบว่าระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดของอาสาสมัครที่กินพริกพร้อมกลูโคสเพิ่มขึ้นช้ากว่าเมื่อไม่ได้กินพริก และยังเพิ่มอัตราการใช้พลังงานของร่างกาย (Metabolic Rate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tolan et al. (2004) รายงานว่าสารแคปไซซิน ในพริกมีผลต่อการลดระดับน้ำตาลในเลือด และยังสามารเพิ่มระดับอินซูลินได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม เมื่อทำการศึกษาในสัตว์ทดลอง

2.1.2 กระเทียม (Garlic)

กระเทียมมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Alinum sativum* Linn. วงศ์ *Alliaceae* ชื่อภาษาอังกฤษเรียกว่า *Common garlic* หรือ *Allium* ส่วนที่นำมาใช้คือ หัวสดหรือหัวแห้ง ใบสดและน้ำมัน กระเทียมสารอินทรีย์ที่พบมากในหัวกระเทียมได้แก่ *alliin* (*S*-allyl-l-cysteine sulfoxide) และ *S*-methyl-l-cysteine sulfoxide ซึ่ง *alliin* เป็นสารตั้งต้นของสารให้กลิ่นรสในกระเทียม เมื่อกระเทียมถูกหั่นหรือสับ *alliin* ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ *allinase* ทำให้เกิดสารที่มีกลิ่นเผ็ดร้อนของกระเทียม สารดังกล่าวคือ *allicin* (*diallylthiosulfinate*) โครงสร้างโมเลกุลของ *allicin* เป็นสารที่ไม่เสถียร สามารถเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบตัวอื่นได้ง่าย (Miron et al.(2004))

โดยทั่วไปกระเทียมที่ยังไม่ผ่านการแปรรูปจะมีสีขาวครีม Eun-Jin Lee et al.(2006) รายงานว่า ถ้ากระเทียมที่มีการหั่น สับ หรือบด สีขาวครีมของกระเทียมจะถูกเปลี่ยนเป็นสีเขียว ทั้งนี้เนื่องจากสาร *isoallicin* ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนไลซีน ได้สารประกอบที่ไม่มีกลิ่น ซึ่งสารประกอบนี้เมื่อทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ *allinase* จะได้สารที่มีสีเขียว ซึ่งสารนี้ไม่ใช่สารชนิดเดียวกันกับ *chlorophyll* สารดังกล่าวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาลเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ประโยชน์ต่อสุขภาพ

นิจศิริ (2534) รายงานว่ากระเทียมใช้ในยาพื้นบ้าน เพื่อบำบัดอาการไอ ไข้หวัด หลอดลมอักเสบเรื้อรัง ปวดฟัน ปวดหู ความดันโลหิตสูง เส้นเลือดเปราะ โรคประสาท เป็นต้น

2.1.3 ข่า (Galanga)

ข่ามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Alpinia galangal* (L.) swartz หรือ *Languas galangal* (L.) Stuntz. อยู่ในวงศ์ *Zingiberaceae* ตระกูลเดียวกับขิง เป็นพืชล้มลุกของเอเชียเขตร้อน มีลำต้นใต้ดินหรือรากลักษณะเป็นเหง้ามีข้อและปล้องชัดเจน สีน้ำตาลอมแดง กลิ่นหอมฉุน รสขมอมหวาน และเผ็ดร้อน เหง้าอ่อน 100 กรัม ให้พลังงานต่อร่างกาย 20 กิโลแคลอรี มีเส้นใย 1.1 กรัม แคลเซียม 5 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 27 มิลลิกรัม เหล็ก 0.1 มิลลิกรัม เบต้า-แคโรทีน 18 ไมโครกรัม วิตามินบี 1 0.13 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 0.15 มิลลิกรัม ไนอาซิน 0.4 มิลลิกรัม วิตามินซี 23 มิลลิกรัม และ ไฟเบอร์ สารสำคัญที่พบมากในข่าเกือบทุกชนิดคือ *engenol*, *cinnamic acid* และ *flavoniods* บางชนิด (นิจศิริ, 2534)

ต่อมาในปี 1995 Mori et al. ซึ่งอ้างอิงถึงโดย Gautschi et al.(1999) วิเคราะห์สารระเหยในข่า พบสาร *monoterpene* เพิ่มเติม โดยมี 1,8-cineole เป็นสารหลักในพวก *monoterpene* ที่มีออกซิเจน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโมเลกุล รองลงมาคือ 2-acetoxy-1,8-cineole อย่างไรก็ตามบางการทดลองพบ methyl cinnamate เป็นสารระเหยมากที่สุด (48%) ในน้ำมันหอมระเหยจากข่า (Burdock et al., 1995)

ประโยชน์ต่อสุขภาพ

Oonmetta-aree et al. (2500) รายงานว่า สาร 1'-acetoxychavicol acetate ที่พบในข่ามีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*

Murakami et al. (1994, 1995 และ 2000) ได้ทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดข่าด้วยแอลกอฮอล์ ในเบื้องต้นเพื่อหาความสามารถในการต้านมะเร็ง โดยใช้เทคนิคทดสอบ Epstein-Barr virus (EBV) activation ซึ่งเป็นการทดสอบความสามารถในการยับยั้งการก่อมะเร็งในชั้น Promotion ได้เป็นอย่างดี พบว่าหมู่ acetoxyyl บนโครงสร้างของสารชนิดนี้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้สารชนิดนี้มีคุณสมบัติในการต้านมะเร็ง และ Ito et al. (2004) พบว่าสารดังกล่าว ยังสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการตายแบบ Apoptosis ได้ เมื่อทดสอบกับเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว myeloid leukemia ทั้งยังส่งผลให้อัตราการตายในหนูทดลองที่เป็น leukemia และมีอาการภูมิคุ้มกันบกพร่องขั้นรุนแรงอีกด้วย

2.1.4 ตะไคร้ (lemon grass)

ตะไคร้ หรือ West Indian lemon grass มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cymbopogon citratus* (DC.) Stap หรือชื่อพ้องว่า *Andropogon citratus* (DC.) จัดอยู่ในกลุ่มของพืชตระกูลหญ้า (Poaceae) วงศ์ Gramineae เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวล้มลุกของเมืองร้อน ขึ้นเป็นกอ นิยมนำมาปรุงอาหารเพื่อดับกลิ่นคาว โดยใช้ประโยชน์จากลำต้นใต้ดินที่เรียกว่าเหง้าและก้านใบที่เป็นกาบ โดยเฉพาะบริเวณโคนต้น (ประมาณ 10-15 เซนติเมตร) เพราะมีสารให้กลิ่นหลายชนิด (นิจิตริ, 2534)

ในอุตสาหกรรมมีการนำตะไคร้ไปกลั่นด้วยไอน้ำเป็นน้ำมันตะไคร้ (Lemon grass oil) เพื่อใช้แต่งอาหาร เช่น อาหารกระป๋อง เครื่องดื่มที่มีและไม่มีแอลกอฮอล์ ขนมหวานและเครื่องแกง (นิจิตริ, 2534) ตะไคร้ที่มีน้ำมันหอมระเหย ระหว่าง 0.2-0.4% ประกอบด้วยซิทรัล (citral 80%) เมอร์ซีน (myrcene) การบูร (camphor) เทนฟีนิล เกรานีออล เนรล ฟาร์นิซาลและซิโตรเนลลอน เป็นต้น ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันหอมระเหยคืออายุของตะไคร้ ตำแหน่งของต้นที่ใช้สกัด โดยส่วนของใบจะมีน้ำมันมากที่สุดและใบอ่อนก็มีน้ำมันมากกว่าใบแก่ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับสภาพดินฟ้าอากาศ คือจะมีน้ำมันหอมระเหยมากที่สุดในฤดูแล้ง

ประโยชน์ต่อสุขภาพ

ตะไคร้ใช้เป็นยาขับลม แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ ช่วยขับเหงื่อ ลดความร้อนในร่างกาย (นิจิตริ, 2534)

จากการศึกษาของ อุษณีย์และคณะ (2539) พบว่าสารสกัดตะไคร้มีฤทธิ์ยับยั้งการกลายเป็นพิษของ Aflatoxin B1 โดยผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการลดลงของการทำงานของเอนไซม์ใน phase I (ขั้นตอนที่เปลี่ยนให้ Aflatoxin กลายเป็นพิษต่อร่างกาย) และสารสกัดจากตะไคร้ยังส่งผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ปริมาณ Cyochrome P450 ใน Microsome ของตับมนุษย์ลดลง เมื่อทดสอบในหลอดทดลอง ทั้งยังลดความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ aminopyrine demethylase

2.1.5 มะกรูด (Kaffir Lime)

มะกรูด หรือ *Citrus hystrix* (DC.) อยู่ในวงศ์ Rutaceae คือตระกูลเดียวกับส้ม (citrus family) มีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น kaffir lime, porcupine orange, leech lime หรือ mauritrus papeda เป็นต้น จัดเป็นพืชพื้นเมืองของเอเชียแถบอบอุ่นและร้อน ใช้ผล ผิวของผล และใบที่มีลักษณะเป็นใบคูมีต่อมน้ำมันมาปรุงอาหารและดับกลิ่นคาว

มะกรูดอุดมไปด้วยสารประกอบโพลีฟีนอลหลากหลายชนิด รวมทั้งสารกลุ่ม Flavonoids ในมะกรูดมีสาร Flavonone glycoside คือ Hesperidin, สาร Flavone glycoside คือ Diosmin และสาร Flavonol glycoside คือ Rutin เป็นสารสำคัญหลัก

ประโยชน์ต่อสุขภาพ

Peterson and Dwyer (1998) รายงานว่า สาร Rutin ที่พบในใบมะกรูด แสดงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ เมื่อทดสอบการเกิด lipid peroxidation และ Hesperidin แสดงคุณสมบัติในการต้านการอักเสบ การปวดเมื่อย หรืออาการแพ้หรือคัน โดยคุณสมบัติดังกล่าวคาดว่าจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ที่ส่งผลต่ออาการเหล่านี้เช่น Cyclo-oxygenase (COX) และการหลั่งสาร histamine เป็นต้น

2.1.6 หอมแดง (Shallot)

หอมแดงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Allium ascalonicum* จากรายงานของ Linn Charng-Cherng Chyau and Jeng-Leun Mau. (2001) ส่วนประกอบที่พบส่วนใหญ่ในหอมจะเป็นสารประกอบที่มีซัลเฟอร์จับอยู่ (sulpher-containing compounds) เช่นเดียวกับที่พบในกระเทียม แต่สารที่ให้กลิ่นในหอมแดงจะแตกต่างกับกระเทียม โดยในหอมแดงจะประกอบด้วยหมู่ propenyl ในขณะที่กระเทียมจะประกอบด้วยหมู่ allyl

2.2 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants)

อนุมูลอิสระ (Free Radicle) คือสารของกลุ่มที่มีอิเล็กตรอนวงนอกที่ยังไม่ได้จับคู่ หนึ่งอิเล็กตรอนหรือมากกว่า ดังนั้นจึงมีความว่องไวสูงในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในเซลล์ร่างกาย อนุมูลอิสระส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นภายในเซลล์ระหว่างการถ่ายเทอิเล็กตรอนจาก โมเลกุลของออกซิเจน ไปยังน้ำ ที่สำคัญได้แก่ อนุพันธ์ของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive oxygen species, ROS) ซึ่งสารกลุ่มนี้ได้แก่ อนุมูลอิสระ ไฮดรอกซิล (hydroxyl radical, OH•) ซุปเปอร์ออกไซด์ไฮดรอกไซด์ (superoxide anion, O₂^{-•}) และเปอร์ออกไซด์ไฮดรอกไซด์ (hydroperoxide, HO-OH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮดรอกซิล (superoxide anion, O_2^-) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogenperoxide, H_2O_2) ไฮโปคลอไรต์ (hypochlorous, HOCl) นอกจากนี้ยังมีกลุ่มของอนุพันธ์ไนโตรเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive nitrogen species, RNS) ที่สำคัญได้แก่ ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, $NO\cdot$) และ เปอร์ออกซีไนไตรท์ (peroxynitrite, $ONOO\cdot$) เป็นต้น ทั้งกลุ่มของ ROS และ RNS จัดเป็นแหล่งอนุมูลอิสระที่สำคัญของร่างกาย อนุมูลอิสระเกิดได้ทั้งจากภายในร่างกายและภายนอกร่างกาย เช่น เกิดที่ไม่โตคอนเดรีย โคโรโมโซม เพอร์รอกโซม โดยเกิดจากระบบขนส่งอิเล็กตรอน การเกิดเมตาบอลิซึม ฟาโกไซโตซิส หรือเกิดจากสารเคมี รังสี ยาบางชนิด และความร้อน (Punchard and Kelly, 1996) ที่มาทั้งแหล่งภายนอกร่างกายได้แก่ มลพิษในอากาศ โอโซน ไนตรัสออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่น คาร์บอนหรือ อาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว หรือธาตุเหล็กมากกว่าปกติ แสงแดด ความร้อน รังสีแกมมา ยาบางชนิด เช่น Doxorubicin, Penicillamine, paracetamol และ CCl_4 เป็นต้น

ในสภาวะ oxidative stress คือสภาวะที่ร่างกายไม่สามารถควบคุมและป้องกันปริมาณของอนุมูลอิสระให้อยู่ในระดับปกติที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายได้ โดยอนุมูลอิสระที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆ ในร่างกาย เช่น การเกิดออกซิเดชันของไขมัน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และกรดนิวคลีอิก การสร้างพันธะโควาเลนต์กับโปรตีน เป็นผลทำให้เกิดการยับยั้งการทำงานของโปรตีนเป็นต้น และพบว่าอนุมูลอิสระก่อให้เกิดสภาวะทางพยาธิในโรคสำคัญบางโรค ได้แก่ มะเร็ง โรคหัวใจ ไขมันอุดตันในเส้นเลือด ไชข้ออักเสบ และต่อกระจกเป็นต้น

2.3 สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารในกลุ่ม secondary metabolite ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด โดยทั่วไปมีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) มากกว่าหรือเท่ากับ 1 หมู่เกาะกับวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) สารประกอบฟีนอลิกที่มีหมู่ไฮดรอกซิลมากกว่า 1 หมู่ นิยมเรียกว่า สารประกอบโพลีฟีนอล เป็นสารที่ละลายน้ำ มักรวมอยู่กับน้ำตาลในรูปของไกลโคไซด์ โดยน้ำตาลดังกล่าวอาจเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharides) น้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharides) หรือ โอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharides) ก็ได้ แต่ที่พบมากที่สุดโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลคือ กลูโคส (glucose) ส่วนน้ำตาลชนิดอื่นที่พบได้แก่ กาแลกโทส (galactose) แรมโนส (ramnose) ไชโลส (xylose) อะราบิโนส (arabinose) และอนุพันธ์ของน้ำตาลเหล่านี้ เช่น กรดกลูโคโรนิก (glucuronic acid) กรดกาแลกทูโรนิก (galacturonic acid) และอื่นๆ นอกจากนี้ยังอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟีนอลิกด้วยกันเอง หรือสารประกอบฟีนอลิกกับสารประกอบอื่นๆ เช่น คาร์บอกซิลิก (carboxylic acids) กรดอินทรีย์ (organic acids) อะมีน (amines) และไขมัน (Bravo, 1998) การสร้างสารประกอบฟีนอลิกของพืชจะมีทั้งปัจจัยทางด้านพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการเพาะปลูก ระดับความสุกกระบวนการแปรรูป หรือแม้แต่วิธีการเก็บรักษา ก็ล้วนแต่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งสิ้น

2.4 การอบแห้ง

การอบแห้ง คือ กระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกด้วยการระเหยน้ำ โดยอาศัยความร้อนแฝงของการระเหย ซึ่งอาหารแห้งที่ได้จะมีปริมาณน้ำหรือความชื้นประมาณ 2-3% ทำให้ลด a_w ในอาหารให้น้อยลงด้วย จึงทำให้เชื้ออายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น เพราะเมื่ออาหารมีน้ำลดลงจะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และ activity ของเอนไซม์ได้

2.4.1 ทฤษฎีทั่วไปของการอบแห้ง

กระบวนการอบแห้งส่วนมากใช้อากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังผลิตภัณฑ์และการถ่ายเทมวลความชื้นจากผลิตภัณฑ์ไปยังอากาศ ความร้อนจากอากาศที่ผลิตภัณฑ์ได้รับใหญ่จะถูกใช้ในการระเหยน้ำจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีชีวิต เช่น เมล็ดพืชส่วนใหญ่มีโครงสร้างภายในที่มีลักษณะเป็นรูพรุน เมื่อถูกทำให้แห้งในลักษณะของชั้นบางที่สภาวะอากาศคงที่(อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วอากาศ) อัตราการระเหยของน้ำหรืออัตราการอบแห้งจะคงที่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะลดลง โดยทั่วไปอัตราการอบแห้งของผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะสัมพันธ์กับสภาวะอากาศที่ใช้ในการอบแห้งในรูปของสมการอบแห้ง

2.4.2 พื้นฐานการอบแห้ง

การอบแห้งเป็นกระบวนการถนอมอาหารอย่างหนึ่ง โดยทั่วไปแล้วการลดความชื้นลงต่ำกว่า 10% จะเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และถ้าลดลงต่ำกว่า 5% ก็จะสามารถรักษาคุณค่าทางโภชนาการและกลิ่นของอาหารไว้ได้ อย่างไรก็ตามเพื่อให้ได้ซึ่งคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ จำเป็นจะต้องเข้าใจถึงพื้นฐานการอบแห้งเป็นอย่างดี

เพื่อประโยชน์ทางทฤษฎี นิยมแบ่งการอบแห้งวัสดุโดยทั่วไปเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ที่ช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ความชื้นของวัสดุมีค่าสูงกว่าความชื้นวิกฤต ซึ่งที่ผิวของวัสดุจะมีน้ำเกาะอยู่เป็นจำนวนมาก การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ผิวของวัสดุเท่านั้น ที่ช่วงอัตราการอบแห้งลดลงความชื้นของวัสดุมีค่าต่ำกว่าความชื้นวิกฤต น้ำจะเคลื่อนที่จากภายในเนื้อวัสดุมาที่ผิวของวัสดุในลักษณะของเหลวหรือไอน้ำ และน้ำที่ผิวจึงระเหยไปยังอากาศ เป็นที่เข้าใจกันว่าเคลื่อนที่ของน้ำในรูปของเหลวจะเกิดขึ้นในระยะแรกขณะที่วัสดุยังมีความชื้นสูง เมื่อความชื้นลดต่ำลงมากแล้วน้ำอาจจะเคลื่อนที่ในรูปของไอน้ำระเหยไปยังอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 จุดประสงค์ในการทำแห้ง

1. เพื่อต้องการลดปริมาณน้ำในอาหารเพื่อป้องกันการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ โดยทั่วไปควรระเหยน้ำออกจนเหลือต่ำกว่าร้อยละ 10 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารเป็นสำคัญ
2. เพื่อต้องการลดน้ำหนักของอาหารเพื่อสะดวกต่อการขนส่ง เนื่องจากการขนส่งบางชนิดในสภาพของสดจะเปลืองเนื้อที่และการเก็บรักษาทำให้น้ำหนักเบาขึ้น การบรรจุและการขนส่งจะสะดวกประหยัด

2.4.4 ประโยชน์ของการอบแห้ง

1. เพื่อถนอมอาหาร และเพิ่มอายุการเก็บรักษา
2. ช่วยให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น
3. เพื่อลดปริมาตรของน้ำหนัก อาหารที่แห้งแล้วจะมีปริมาตรและน้ำหนักลดลง ทำให้สามารถลดต้นทุนในการเก็บรักษาและขนส่ง

2.4.5 การถ่ายเทความร้อนและมวล

การถ่ายเทความร้อน มี 3 แบบ คือ

1. การนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนจาก โมเลกุลหนึ่ง ไปยังอีก โมเลกุลหนึ่งที่อยู่ข้างเคียง สภาพนำความร้อน เป็นคุณสมบัติของสารที่ประกอบกันขึ้นเป็นวัตถุซึ่งจะมีค่าแตกต่างกัน สภาพนำความร้อนขึ้นกับอุณหภูมิและความร้อน ค่าสภาพนำความร้อนของน้ำจะมีค่ามากกว่าค่าของวัตถุแห้งที่เป็นอาหาร ซึ่งจะเกิดกับอาหารที่มีลักษณะเป็นของแข็ง
2. การพาความร้อน จะเกิดกับอาหารที่เป็นของเหลวโดยกระแสความร้อนจะถูกพาผ่านช่องว่างที่เป็นอากาศหรือแก๊สจากของเหลวชนิดหนึ่งไปยังของเหลวอีกชนิดหนึ่ง
3. การแผ่รังสี เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนไปยังอาหารซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีอบอาหารในสุญญากาศและการอบแห้งแบบเยือกแข็ง

ในทางปฏิบัติการถ่ายเทความร้อนในการอบแห้งอาจเกิดขึ้นพร้อมกันทั้ง 2 หรือ 3 แบบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของอาหารที่นำไปอบแห้ง

ในการะบวนการอบแห้งสิ่งที่สำคัญ คือ การไล่ความชื้นออกโดยวิธีการระเหยซึ่งอาศัยความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งเป็นเครื่องมืออบแห้งที่อาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนจากผิวลูกกลิ้งไปยังอาหารเหลวซึ่งเกาะติดที่ผิวของลูกกลิ้ง โดยไอน้ำหรือ ไฟฟ้าเป็นตัวให้ความร้อน

2.5 การทำแห้งด้วยลมร้อน

ทำได้โดยใช้ตู้อบขนาดใหญ่ที่มีลมร้อนเป่าผ่านทำให้น้ำระเหยไปกับลมร้อน โดยทางช่องระบายลมภายในตู้อบ ใช้อุณหภูมิประมาณ $50^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$

กระบวนการทำแห้งอาจแบ่งออกเป็นสองตอน ตอนหนึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของน้ำจากส่วนในของอาหารออกมายังผิวหน้า จึงทำให้พื้นผิวของอาหารชุ่มชื้นอยู่เสมอ อีกส่วนหนึ่งเป็นการระเหยของน้ำจากบริเวณผิวหน้าของอาหารเป็นส่วนใหญ่ ในตอนต้นของการทำให้แห้งการเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในจะรวดเร็วกว่าการระเหยและผิวหน้าของอาหารยังชุ่ม ต่อมาการระเหยจะเกิดรวดเร็วกว่าการเคลื่อนที่ของน้ำจึงทำให้ผิวหน้าของอาหารเริ่มแห้งและอัตราความเร็วของการทำให้แห้งจะลดลง

อาหารจะแห้งเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกหลายอย่างคืออุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วของอากาศ หรือลมร้อนภายนอก และพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศ อาหารจะแห้งเร็วเมื่ออากาศรอบ ๆ อาหารมีอุณหภูมิสูงและมีความชื้นน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามถ้าอุณหภูมิในระยะเริ่มต้นสูง จะทำให้ผิวหน้าของอาหารแห้งเร็วจนเกินไป ทำให้ความชื้นภายในอาหารระเหยออกมาได้ยากขึ้น นอกจากนี้อาหารจะแห้งช้าลงถ้าวิธีการระบายความชื้นที่ออกจากอาหารไม่มีประสิทธิภาพ อาหารที่อบในเตาอบตามบ้านซึ่งไม่มีที่ระบายความร้อน จึงแห้งได้ช้ากว่าเครื่องอบที่ใช้ในอุตสาหกรรม

2.6 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

หลักการทำงานคือ คลื่นนี้จะไปทำให้โมเลกุลที่มีขั้วเกิดการหมุนเนื่องจากแรงกระทำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โมเลกุลที่มีขั้วคือ โมเลกุล ที่มีอิเล็กตรอนไปกระจุกอยู่ด้านใดด้านหนึ่ง ทำให้เกิดความขั้วไฟฟ้าในโมเลกุล ดังนั้นเมื่อคลื่นไมโครเวฟ เดินทางผ่าน โมเลกุลเหล่านั้น ขั้วบวกและลบของโมเลกุลจะถูกแรงผลักจากคลื่นแม่เหล็กทำให้โมเลกุลหมุนและสั่นสะเทือน จนไปชนโมเลกุลข้างเคียงจนเกิดการเสียดสี และก่อให้เกิดความร้อน

คุณภาพของอาหารที่ปรุงจากไมโครเวฟ จะมีสารอาหารครบถ้วนเหมือนการปรุงอาหารด้วยวิธีอื่น แต่จะใช้เวลาปรุงน้อยกว่าวิธีปกติ

2.7 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งคู่

ประกอบด้วยลูกกลิ้งที่ได้รับความร้อนสองชุดหมุนเข้าหากัน ป้อนของเหลวตรงช่องระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง ซึ่งสามารถปรับให้ชิดห่างกันได้ ข้อเสียของการป้อนระบบนี้ คือ ทำให้อากาศของเหลวมีอุณหภูมิเริ่มต้นสูง และอาจมีผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ได้ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการพ่นของเหลวลงบนผิวของลูกกลิ้งโดยตรง หรือในกรณีที่ของเหลวมีความหนืดไม่สูงมากนัก อาจพ่นผ่านท่อที่เจาะรูไว้ตรงตำแหน่งเหนือระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง เครื่อง

อบแห้งแบบลูกกลิ้งที่ความดันบรรยากาศนี้ไม่เหมาะสมกับของเหลวที่มีปริมาณน้ำ หรือตัวทำละลายมากเกินไป แต่ใช้ได้กับของเหลวที่มีความหนืดสูง ในผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ไวต่อความร้อนหรือต้องการผลิตภัณฑ์แห้งที่มีคุณภาพดีขึ้นจะต้องทำให้แห้งภายใต้สุญญากาศ เพื่อลดจุดเดือดของน้ำในอาหารลง

2.8 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

พิจารณาเลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการจาก 3 สมการ คือ

- สมการของ Newton

$$MR = \frac{M - M_e}{M_o - M_e} = \exp(-k_1 t) \quad (2.1)$$

- สมการของ Page

$$MR = \frac{M - M_e}{M_o - M_e} = \exp(-k_2 t^n) \quad (2.2)$$

- สมการของ Henderson

$$MR = \frac{M - M_e}{M_o - M_e} = a \cdot \exp(-k_3 t^n) \quad (2.3)$$

เมื่อค่า k_1 , k_2 และ a , k_3 และ n คือค่าคงที่ของสมการทำแห้งในสมการของ Newton, Page และ Henderson ตามลำดับ

เมื่อ MR = อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงความชื้น
 M = ความชื้น (%db)
 M_e, M_o = ความชื้นสมดุล (%db), ความชื้นเริ่มต้น (%db)

โดยจะพิจารณาแบบจำลองที่เหมาะสมต่ออัตราการทำแห้งจากค่า X^2 , RMSE และค่า R^2 สำหรับแบบจำลองที่เหมาะสมจะมีค่า X^2 , RMSE ที่ต่ำ และค่า R^2 สูง ซึ่งค่า X^2 , RMSE สามารถคำนวณได้จาก

$$X^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N-z} \quad (2.4)$$

$$RMSE = \sqrt{1/N (\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2)} \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การออกแบบการทดลองด้วยวิธี Central composite design (CCD)

เป็นการทดลองที่เพิ่มสิ่งทดลองระหว่างระดับของปัจจัยให้มากขึ้นเพื่อต้องการใช้แบบจำลองอันดับสูงจากเดิมที่ได้เพียงแค่อันดับหนึ่งเป็นอันดับสองหรือสาม วิธีการสร้างสิ่งทดลองอย่างง่าย ให้เริ่มจากการสร้างสิ่งทดลองจากแฟคทอเรียล 2^k แล้วเพิ่มจุดบนแกน coordinate โดยมีค่า code level $\pm \alpha$ หลังจากนั้นเพิ่มจำนวน m ที่จุดกลาง $(0, 0, 0, \dots, 0)$ หลังจากนั้นสุ่มแต่ละสิ่งทดลองไปยังแต่ละหน่วยทดลอง จำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด (n) จะมีค่า $= 2^k + 2k + m$ ซึ่ง $n < 3^k$ เสมอ และถ้า $\alpha = F^{1/4}$ (F = จำนวนของสิ่งทดลองจากแฟคทอเรียลที่ใช้ เช่น แฟคทอเรียล 2^2 , ค่า $F = 4$) CCD นี้จะเป็น rotatable design ด้วย

การทดลอง CCD นี้นิยมทำซ้ำที่ระดับกลางของปัจจัยเพื่อใช้ประมาณความคลาดเคลื่อนของการทดลองซึ่งการเพิ่มจำนวนซ้ำจะมีผลกระทบต่อค่า α ซึ่งอาจจะต้องเปลี่ยนไปตามจำนวนซ้ำเพื่อให้สิ่งทดลองเป็นอิสระต่อกัน (orthogonal) อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติมักจะกำหนดค่า α ก่อนแล้วจึงทำการทดลองซ้ำที่จุดกลาง

รูปที่ 2.1 Central composite design ใน 2 ปัจจัย ($k=2$) โดยที่ $\alpha = (2^2)^{1/4} = 1.414$

| สิ่งทดลอง (Run no.) | code level | |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| | ปัจจัย X | ปัจจัย Y |
| 1 | +1 | +1 |
| 2 | +1 | -1 |
| 3 | -1 | +1 |
| 4 | -1 | -1 |
| 5 | $+\alpha = +1.414$ | 0 |
| 6 | 0 | $+\alpha = +1.414$ |
| 7 | $-\alpha = -1.414$ | 0 |
| 8 | 0 | $-\alpha = 1.414$ |
| 9 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 0 |
| 12 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 |

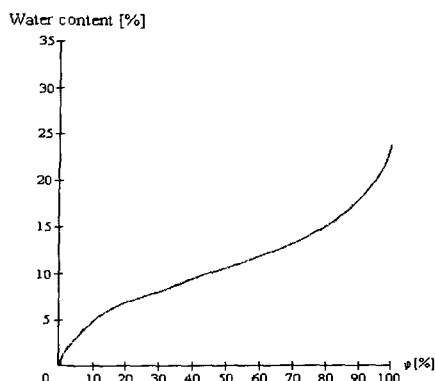
ตารางที่ 2.1 ค่าของ code level ใน Central composite design (2 ปัจจัย) $\alpha = 1.414$

2.10 การวัดค่าสี

วัดด้วยระบบ Hunter L, a, b โดย L = ค่าความสว่าง, a = ค่าความเป็นสีแดง, b = ค่าความเป็นสีเหลือง

2.11 วอเตอร์ซอร์พชั่นไอโซเทอม

เส้นกราฟซอร์พชั่นไอโซเทอม คือเส้นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์หรือค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w) กับ ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง เส้นกราฟวอเตอร์ซอร์พชั่น ไอโซเทอมของอาหารและเมล็ดพืชโดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะของเส้นกราฟเป็นรูปซิกมอยด์ หรือรูปตัวเอส (S) ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กราฟทั่วไปของวอเตอร์ซอร์พชันไอโซเทอม

$$a_w = \frac{\%ERH}{100} \quad (2.6)$$

$$\text{ปริมาณความชื้นมาตรฐาน} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำในวัสดุ}}{\text{น้ำหนักของวัสดุแห้ง}} \times 100 \quad (2.7)$$

เมื่อ $a_w =$ วอเตอร์แอกติวิตี
 $\%ERH =$ เปอร์เซ็นต์ความชื้นในอากาศ

ความสำคัญและการใช้ประโยชน์ของซอร์พชันไอโซเทอม

ซอร์พชันไอโซเทอม ของความชื้นใช้ในการทำนายสภาวะการเปลี่ยนแปลงความคงตัวของอาหาร นอกจากนี้ยังใช้สำหรับการเลือกชนิดของภาชนะบรรจุและการเลือกชนิดของอาหารผสมที่ต่างกันหลายชนิดเข้าด้วยกันได้อีกด้วย

ซอร์พชันไอโซเทอม ช่วยในการทำนายปริมาณความชื้นวิกฤตหรือ a_w ได้ ความกรอบของอาหารอบแห้งที่ทำจากรั้วพืชเป็นฟังก์ชันกับค่า a_w เช่นที่ค่า a_w 0.4 – 0.45 ขนมปังจะสูญเสียความกรอบไป และยังพบความจริงอีกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีรั้วพืชเป็นองค์ประกอบจะสูญเสียความกรอบในช่วงค่า a_w 0.4 – 0.45 และสำหรับความแข็ง ซึ่งเป็นปัญหากับอาหารกึ่งแห้ง เช่นอาหารสัตว์หรือชิ้นผลไม้ การทำนาย a_w วิกฤตของความแข็งนี้ยังทำได้ยาก ทั้งนี้เพราะว่า ค่า a_w วิกฤตของอาหารประเภทนี้ขึ้นกับส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ เช่น ไขมัน และไกลคอลสามารถทำให้ค่า a_w วิกฤตลดลงได้ แต่โดยทั่วไป อาหารประเภทกึ่งแห้งจะมีค่า a_w วิกฤตอยู่ในช่วงประมาณ 0.5 -0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

การเตรียมตัวอย่าง

น้ำพริกที่ใช้ในการทำการทดลอง เป็นน้ำพริกแกงแดงสดจากโรงงานน้ำพริกแม่ศรี ในลักษณะบรรจุภัณฑ์พลาสติกปิดผนึกอย่างดี ขนาดถุงละ 500 กรัม จำนวน 20 ถุง นำมาเก็บรักษาโดยการแช่ในตู้เย็น

เตรียมตัวอย่างน้ำพริกสำหรับการทำแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ โดยนำน้ำพริกที่แช่แข็งในตู้เย็นออกมาทิ้งไว้ให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง นำแผ่นอะคริลิกขนาด 185×185 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร มาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล ชั่งน้ำพริก 55 กรัม ลงบนแผ่นอะคริลิก จากนั้นทำการเกลี่ยน้ำพริก โดยใช้แผ่นพลาสติกที่มีลักษณะเป็นกรอบ ขนาด 180×180 มิลลิเมตร หนา 0.5 มิลลิเมตร เกลี่ยน้ำพริกให้ได้ขนาดตามกรอบ นำแผ่นพลาสติกออก แล้วทำการชั่งน้ำหนักก่อนที่จะนำไปอบแห้ง

รูปที่ 3.1 การเตรียมน้ำพริกก่อนทำแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ

3.1 การทำแห้งด้วยลมร้อน

ในการอบแห้งด้วยลมร้อน ใช้ตู้อบลมร้อน (ดังรูปที่ ก-1 ภาคผนวก ก) โดยตั้งค่าอุณหภูมิของลมที่ 60°C, 70°C และ 80°C แล้ววัดความเร็วลมด้วยเครื่องวัดความเร็วลม นำน้ำพริกบนแผ่นอะคริลิกที่เตรียมไว้ไปอบในตู้อบลมร้อน จากนั้นนำออกมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 10 นาที บันทึกน้ำหนักของตัวอย่างที่เปลี่ยนไปจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ โดยทดลองซ้ำที่อุณหภูมิละ 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน

3.2 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

ในการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ ใช้เตาอบไมโครเวฟ (ดังรูปที่ ก-2 ภาคผนวก ก) โดยทำการตั้งค่ากำลังวัตต์ของเตาอบไมโครเวฟที่ 180 วัตต์, 360 วัตต์ และ 540 วัตต์ นำน้ำพริกบนแผ่นอะคริลิกที่เตรียมไว้ไปอบในเตาอบไมโครเวฟ จากนั้นนำออกมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 20 วินาที บันทึกน้ำหนักของตัวอย่างที่เปลี่ยนไปจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ โดยทำการทดลองซ้ำที่กำลังวัตต์ละ 3 ครั้ง



รูปที่ 3.3 การทำแห้งด้วยเตาอบไมโครเวฟ

3.3 การทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง

เตรียมตัวอย่างน้ำพริกสำหรับการทำแห้ง โดยนำน้ำพริกที่แช่เย็นออกมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อทำการละลาย ชั่งน้ำหนักน้ำพริก 55 กรัม

ใช้เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (ดังรูปที่ ก-3 ภาคผนวก ก) โดยปรับอุณหภูมิกับความถี่ของมอเตอร์ เภณฑ์ในการปรับอุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับ การปรับความดันของไอน้ำที่ส่งเข้าไปยังภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกกลิ้ง ทำการวัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิลูกกลิ้ง ส่วนความเร็วรอบจะขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของเครื่อง Inverter

การออกแบบการทดลองด้วยวิธี Central composite design

ก่อนทำการออกแบบการทดลอง ต้องทำการทดลองสุ่มหาค่า สูงสุด ต่ำสุด ของอุณหภูมิ และ ความเร็วรอบที่สามารถทำแห้ง โดยตัวอย่างแห้งพอดี ซึ่งค่าอุณหภูมิที่ได้ออกมาอยู่ในช่วง 121 – 134 C ส่วนค่าความเร็วรอบอยู่ในช่วง 215 – 245 วินาที/รอบ หลังจากที่ได้ค่า สูงสุด ต่ำสุด นำค่าที่ได้มาออกแบบการทดลองแบบ ได้ดังตารางที่ 3.1

| Run No. | Code Level | | การทดลอง | |
|---------|------------|--------|-------------|--------------|
| | X | Y | Temp(°C ,X) | Time(sec ,Y) |
| 1 | 1 | 1 | 132 | 240.47 |
| 2 | 1 | -1 | 132 | 219.61 |
| 3 | -1 | 1 | 123 | 240.47 |
| 4 | -1 | -1 | 123 | 219.61 |
| 5 | 1.414 | 0 | 133.86 | 230.04 |
| 6 | 0 | 1.414 | 127.5 | 244.64 |
| 7 | -1.414 | 0 | 121.14 | 230.04 |
| 8 | 0 | -1.414 | 127.5 | 215.44 |
| 9 | 0 | 0 | 127.5 | 230.04 |
| 10 | 0 | 0 | 127.5 | 230.04 |
| 11 | 0 | 0 | 127.5 | 230.04 |
| 12 | 0 | 0 | 127.5 | 230.04 |
| 13 | 0 | 0 | 127.5 | 230.04 |

ตารางที่ 3.1 การออกแบบการทดลองในการทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง

ทำโดยวัดอุณหภูมิของลูกกลิ้งและทำการจับเวลาที่ลูกกลิ้งหมุนครบ 1 รอบให้ได้ตามสถานะที่ได้ทำการออกแบบ หลังจากนั้นนำน้ำพริกมาเกลี่ยลงบนลูกกลิ้ง หลังจากลูกกลิ้งหมุนครบรอบ จึงทำการเก็บตัวอย่างที่ทำแห้ง โดยทำการทดลองซ้ำที่สถานะละ 3 ครั้ง

การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำพริกหลังอบแห้ง

นำตัวอย่างที่ผ่านการทำให้แห้งแล้วไปบดให้ละเอียด จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำพริกแห้งในถุงทึบแสง แล้วนำไปบรรจุแบบสุญญากาศ โดยหลังจากที่เปิดมาใช้แล้ว ให้เก็บรักษาโดยการนำไปไว้ในโถสุญญากาศ

3.4 การวิเคราะห์คุณภาพ

3.4.1 การวัดค่าสี

ในการวัดค่าสีใช้เครื่องวัดค่าสี Colorimeter (ดังรูปที่ ก-4 ภาคผนวก ก) ก่อนใช้งานทำการปรับเทียบโดยใช้แผ่นมาตรฐานสีขาว จากนั้นนำตัวอย่างมาใส่ลงในฝาพลาสติก เกลี่ยผิวของตัวอย่างให้เรียบเสมอกัน แล้วจึงทำการวัดค่าสี หลังจากนั้นบันทึกผลที่อ่านได้จากเครื่องวัดค่าสี ในหน่วย L, a, b

การสกัดตัวอย่างสำหรับหาค่า TPC และ DPPH

เตรียมตัวอย่างก่อนนำมาวัดค่า TPC โดยนำตัวอย่างน้ำพริกแห้งบดละเอียดแต่ละการทดลองมาชั่งน้ำหนัก โดยใช้ประมาณ 2.5-2.7 กรัม ใส่ลงในขวดชมพู หลังจากนั้นนำมาผสมกับเอทานอลความเข้มข้น 80% ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ผสมกัน แล้วห่อด้วยแผ่นฟลอยด์เพื่อป้องกันแสงจากภายนอก ปิดฝาขวดด้วยจุก หลังจากนั้นนำตัวอย่างทั้งหมดมาทำการเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยเครื่องเขย่า (ดังรูปที่ ก-5 ภาคผนวก ก) หลังจากการเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างมาแยกใส่ในขวดพลาสติก ปรับปริมาตรด้วยเอทานอล 80% ให้ได้ 25 มิลลิลิตร เนื่องจากเอาเฉพาะตัวอย่างที่เป็นสารละลายแล้วนำมาทำการเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยง (ดังรูปที่ ก-6 ภาคผนวก ก) ความเร็วรอบ 6000 rpm เป็นเวลา 15 นาที อุณหภูมิเหวี่ยง 4 °C เพื่อไม่ให้เอทานอลระเหย เก็บตัวอย่างได้จากการเหวี่ยงเพื่อนำไปวัดค่า TPC และ DPPH ต่อไป

3.4.2 การวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ใส่ตัวอย่างสกัดในหลอดทดลอง ตัวอย่างละ 3 หลอด หลอดละ 2 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไป ปริมาณ 9.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (Vortex mixer) (ดังรูปที่ ก-7 ภาคผนวก ก) เติมน้ำละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นเติมน้ำละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอีกครั้ง ตั้งทิ้งไว้อุณหภูมิห้อง 10 นาที แล้วนำมาวัดค่าความดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตรด้วยเครื่อง Spectrophotometer

3.4.3 การวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH

ใส่ตัวอย่างสกัดในหลอดทดลอง ตัวอย่างละ 3 หลอด หลอดละ 2 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเอทานอล ความเข้มข้น 40% 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (Vortex mixer) จากนั้นเติมสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม เสร็จแล้วทิ้งตัวอย่างไว้ในที่ที่บแสงเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer

3.4.4 การวัดความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

ปิเปตสารละลายมาตรฐานโทรออกซ์ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ทำการผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ทิ้งไว้ที่ที่บแสงที่อุณหภูมิห้อง 8 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer

3.4.5 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory test)

นำน้ำพริกที่ผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งมา จำนวน 20 กรัม จากนั้นนำมาปรุง โดยใช้เนื้อหมู 100 กรัม น้ำมัน 3 ช้อนโต๊ะ นมสด 4 ช้อนโต๊ะ โดยตั้งกระทะไฟปานกลาง ใส่น้ำมันลงในกระทะ เมื่อน้ำมันร้อนแล้วนำเนื้อหมูลงไปผัดจนสุก แล้วจึงใส่นมสดลงไป โดยน้ำพริกแห้งที่นำมาใช้ปรุงมาจากตัวอย่างการทดลอง 10 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 3.2

| No. | Temperature (°C) | Time (Second) |
|-----|------------------|---------------|
| 1 | 132 | 240.47 |
| 2 | 132 | 219.61 |
| 3 | 123 | 240.47 |
| 4 | 123 | 219.61 |
| 5 | 133.86 | 230.04 |
| 6 | 127.5 | 244.64 |
| 7 | 121.14 | 230.04 |
| 8 | 127.5 | 215.44 |
| 9 | 127.5 | 230.04 |
| 10 | น้ำพริกสด | |

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างของน้ำพริกที่นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบ่งตัวอย่างเป็น 30 ชุด ทำการกำหนดหมายเลขลงในแต่ละชุด(1-30) และกำหนดหมายเลขของน้ำพริกแต่ละกระบวนการ โดยในแต่ละชุดประกอบด้วยหมู้น้ำพริก 3 ชนิด ข้าวสวย 3 ถ้วย

นำตัวอย่างให้ผู้ชิมคนละ 1 ชุด เพื่อทำการชิม โดยให้ชิมทีละชนิด แล้วดื่มน้ำก่อนที่จะทำการชิมชนิดต่อไป หลังจากนั้นให้ผู้ชิมแต่ละคนทำการให้คะแนน โดยให้คะแนนในด้าน สี กลิ่น รส และความชอบโดยรวม โดยเกณฑ์ในการให้คะแนนจะใช้ตามแบบ 9-point Hedonic Scale

3.4.6 การหาอัตราร้อยชื้นไอโซทอม

เลือกตัวอย่างที่จะนำมาหาอัตราร้อยชื้นไอโซทอม โดยเลือกตัวอย่างที่ทำแห้งแล้วมีความชื้นน้อยที่สุดจากแต่ละวิธีจะได้การทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80°C ไมโครเวฟที่กำลัง 540 วัตต์และแบบลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 132°C ความเร็ว 240.471 วินาทีต่อรอบ

ชั่งน้ำหนักน้ำพริกที่ผ่านการทำแห้งแต่ละวิธี 0.1 กรัม ลงในฟลอยด์ ทำการบันทึกน้ำหนักน้ำพริก ก่อนที่จะนำน้ำพริกที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธีไปใส่ลงในโถแก้วปิดสนิทที่บรรจุสารละลายเกลือ โดยจะใช้ทั้งหมด 5 โถที่บรรจุสารละลายเกลือต่างชนิดกัน ซึ่งจะให้อาความชื้นสัมพัทธ์ภายในโถต่างกัน โดยทำที่อุณหภูมิ 25°C ตลอดการทดลอง

นำน้ำพริกออกมาชั่งน้ำหนักเมื่อผ่านไป 7 วัน และนำมาชั่งน้ำหนักทุกวัน จนกระทั่งน้ำหนักคงที่

นำค่าที่ได้มาคำนวณหา moisture content จาก [น้ำหนักน้ำพริกคงที่-น้ำหนักน้ำพริกแห้ง] / น้ำหนักน้ำพริกแห้ง*100 จากนั้นนำไปพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง moisture content กับความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ



รูปที่ 3.4 การทำการทดลองหาอัตราร้อยชื้นไอโซทอม

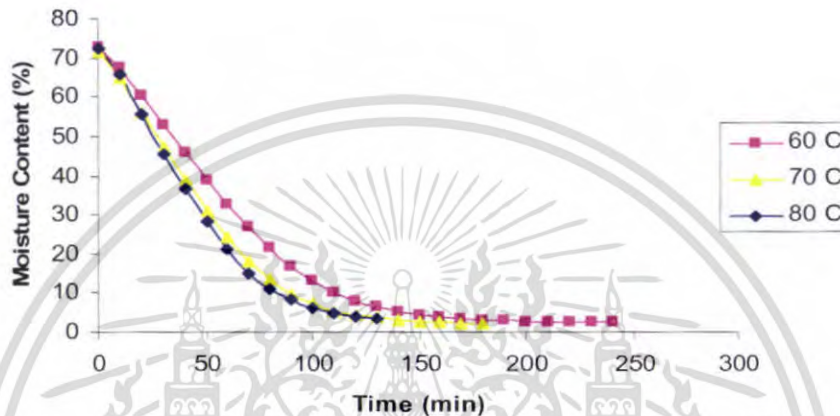
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 อัตราการทำแห้ง

4.1.1 การทำแห้งโดยลมร้อน



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ความชื้นกับเวลาในการทำแห้ง
ด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C, 70°C และ 80°C

จากรูปที่ 4.1 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและ เวลาที่ใช้ในการทำแห้งของลมร้อน โดยช่วงแรกของการให้อุณหภูมิปริมาณความชื้นจะลดลงเร็ว หลังจากนั้นความชื้นจะลดลงช้าลง คงที่ เวลาที่ใช้ในการทำแห้งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง ความชื้นเริ่มต้นของน้ำพริก แกลงแดงมีอยู่ประมาณ 2.58 g water/g dry matter ในหลังจากการทำแห้งมีความชื้นอยู่ประมาณ 0.08 g water/g dry matter ซึ่งใช้เวลาที่ 4 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง, 2.17 ชั่วโมง โดยอุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้ คือ 60°C, 70°C และ 80°C ตามลำดับ

การทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าจะสามารถทำแห้งได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vega, Fito, Andre & Lemus (2007) ที่ศึกษาการทำแห้งพริกหวานแดง เมื่ออัตราการทำแห้งเพิ่มขึ้นปริมาณความชื้นจะลดลง จนเข้าสู่สมดุลอัตราการทำแห้งจะคงที่

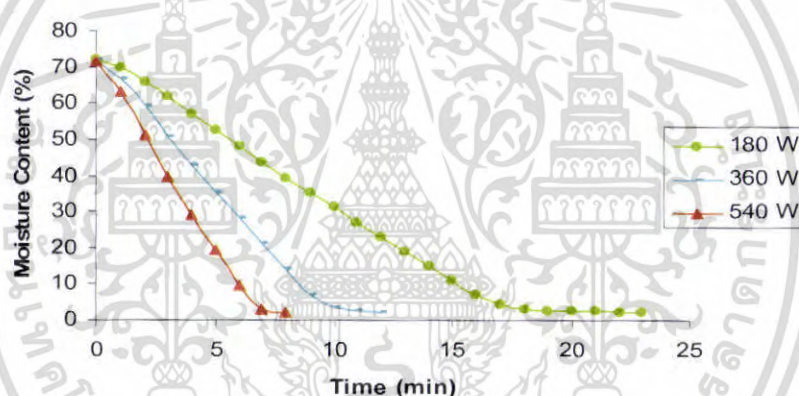
จากตารางที่ 4.1 ค่าคงที่ที่ได้จากการวิเคราะห์สมการการทำแห้งด้วยแบบจำลองต่างๆ แบบ Linear regression เมื่อพิจารณาจากค่า X^2 , RMSE และค่า R^2 พบว่า สมการของ Page เหมาะสำหรับการอธิบายของอัตราการทำแห้งด้วยลมร้อน เพราะได้ค่า ($R^2=0.9857-0.9969$) ($X^2= 0.0002-0.0006$) และค่า RMSE (0.0115-0.0242)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Temperature | | k | n | a | X^2 | RMSE | R^2 |
|-------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 60 | Newton | 0.1629 | | | 0.0036 | 0.0606 | 0.9635 |
| | Page | 0.0048 | 1.2443 | | 0.0006 | 0.0242 | 0.9857 |
| | Henderson | 0.1640 | | 1.0179 | 0.0031 | 0.2354 | 0.9635 |
| 70 | Newton | 0.2117 | | | 0.0038 | 0.0618 | 0.9794 |
| | Page | 0.0053 | 1.2891 | | 0.0004 | 0.0181 | 0.9917 |
| | Henderson | 0.2216 | | 1.1292 | 0.0021 | 0.0466 | 0.9821 |
| 80 | Newton | 0.2311 | | | 0.0053 | 0.0729 | 0.9805 |
| | Page | 0.0043 | 1.3723 | | 0.0002 | 0.0115 | 0.9969 |
| | Henderson | 0.2534 | | 1.2226 | 0.0047 | 0.0691 | 0.9912 |

ตารางที่ 4.1 ค่าคงที่ของสมการ Newton, สมการของ Page และสมการของ Henderson ของการทำแห้งด้วยลมร้อน

4.1.2 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความชื้นกับเวลาในการทำแห้งด้วยแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลัง 180 W, 360 W และ 540 W

การทำแห้งน้ำพริกแกงแดงที่มีความชื้นเริ่มต้น ประมาณ 2.58 g water/g dry matter ด้วยไมโครเวฟ หลังจากการทำแห้งมีความชื้นเหลืออยู่ประมาณ 0.08 g water/g dry matter โดยกำลังวัตต์ที่ใช้และเวลาที่ใช้ คือ 180 W(23 min), 360 W(13 min), 540 W(8 min) พบว่าการทำแห้งด้วยไมโครเวฟใช้เวลาสั้น ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang , Sun, Chen, & Hu, (2007) เป็นการทำแห้ง apple pomace ด้วยไมโครเวฟโดยอัตราการทำแห้งช่วงแรกจะเร็วและเข้าสู่สมดุลปริมาณความชื้นที่ลดลงจะคงที่

จากตารางที่ 4.2 ค่าคงที่ที่ได้จากการวิเคราะห์สมการการทำแห้งต่างๆ ด้วยวิธี Linear regression เมื่อพิจารณาจากค่า X^2 , RMSE และค่า R^2 พบว่า สมการของ Page เหมาะสำหรับการ

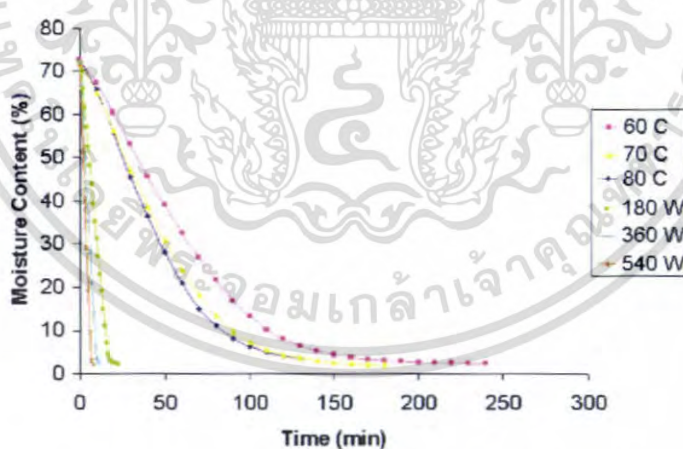
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายของอัตราการทำแห้งด้วยไมโครเวฟซึ่งค่า ($R^2=0.9877-0.9900$), ($X^2= 0.0011-0.0110$) และค่า RMSE (0.0290-0.0331)

| Watt | | k | n | a | X^2 | RMSE | R^2 |
|------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 180 | Newton | 0.1419 | | | 0.0209 | 0.1445 | 0.8905 |
| | Page | 0.0273 | 1.5615 | | 0.0012 | 0.0331 | 0.9900 |
| | Henderson | 0.1760 | | 1.7059 | 0.4460 | 0.2020 | 0.7350 |
| 360 | Newton | 0.2508 | | | 0.0241 | 0.1489 | 0.8813 |
| | Page | 0.0640 | 1.5880 | | 0.0110 | 0.0305 | 0.9892 |
| | Henderson | 0.3113 | | 1.6557 | 0.0585 | 0.2209 | 0.9301 |
| 540 | Newton | 0.3631 | | | 0.0261 | 0.1510 | 0.8706 |
| | Page | 0.1103 | 1.6173 | | 0.0011 | 0.0290 | 0.9877 |
| | Henderson | 0.4469 | | 1.6077 | 0.0739 | 0.2354 | 0.9162 |

ตารางที่ 4.2 ค่าคงที่ของสมการ Newton, สมการของ Page และสมการของ Henderson ของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

การพิจารณาเลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีค่าใกล้เคียงเพื่อทำนายค่าใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดสำหรับการทำแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟเลือกใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Page



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความชื้นกับเวลาในการทำแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ

ในการทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าจะสามารถทำแห้งได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ และการทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังวัตต์สูงกว่าจะสามารถทำแห้งได้เร็วกว่าที่กำลังวัตต์ต่ำกว่า และจากการเปรียบเทียบการทำแห้งทั้งสองวิธีจะพบว่าการทำแห้งด้วยไมโครเวฟจะใช้เวลาน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลต่อค่าสีของน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ

| Drying conditions | Color Hunter | | | | | |
|-------------------|--------------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | L | SD | a | SD | b | SD |
| Fresh red curry | 32.800 | 0.947 | 21.710 | 0.906 | 15.770 | 0.439 |
| Microwave drying | | | | | | |
| 180 W | 57.114 | 0.280 | 23.636 | 0.348 | 30.442 | 0.455 |
| 360 W | 57.171 | 0.752 | 23.950 | 0.346 | 30.550 | 0.997 |
| 540 W | 56.827 | 0.146 | 24.103 | 0.077 | 30.432 | 0.313 |
| Hot-air drying | | | | | | |
| 60 C | 58.687 | 1.050 | 23.653 | 0.040 | 31.570 | 0.445 |
| 70 C | 59.324 | 0.318 | 23.072 | 0.259 | 31.652 | 1.092 |
| 80 C | 59.364 | 0.243 | 23.168 | 0.246 | 31.429 | 0.278 |

ตารางที่ 4.3 ผลของอุณหภูมิต่อค่าสีน้ำพริกแกงแดงสำหรับการทำแห้งด้วยไมโครเวฟและลมร้อน

จากตารางที่ 4.3 ค่าสีเริ่มต้นของน้ำพริกแกงแดงมีดังนี้ $L = 32.800$, $a = 21.710$, $b = 15.770$ หลังจากการทำแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟที่สภาวะต่างๆพบว่าค่า L มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าสี (L) ของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟจะมีค่าสูงกว่าค่าสี (L) ของการทำแห้งด้วยลมร้อนเล็กน้อย สำหรับค่าความเป็นสีแดง (a) พบว่าหลังจากการทำแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟที่สภาวะต่าง มีค่าที่ใกล้เคียงกัน ค่าสี (b) หลังจากการทำแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟที่สภาวะต่างๆมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อพิจารณาแล้วทั้ง 2 สภาวะการเปลี่ยนแปลงค่าสีส่วนใหญ่ของการทำแห้งน้ำพริกแกงแดงนั้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าสี (L) , (b) ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนและการเพิ่มกำลังวัตต์ของไมโครเวฟ

4.3 ผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ

| ระบบการทำแห้ง | Total phenolic compound mg of gallicacid equivalents/g | SD | DPPH %RSA | SD | FRAP mg Trolox equivalents/g | SD |
|-----------------|--|-------|--------------|-------|------------------------------------|-------|
| ลมร้อน | | | | | | |
| น้ำพริกแกงแดงสด | 7.043 | 0.075 | 7.433 | 0.225 | 4.607 | 0.076 |
| 60 C | 6.963 | 0.153 | 7.562 | 0.293 | 4.918 | 0.057 |
| 70 C | 7.252 | 0.164 | 7.449 | 0.129 | 4.916 | 0.140 |
| 80 C | 7.035 | 0.100 | 7.952 | 0.250 | 4.943 | 0.119 |
| ไมโครเวฟ | | | | | | |
| น้ำพริกแกงแดงสด | 7.043 | 0.075 | 7.433 | 0.225 | 4.607 | 0.076 |
| 180 W | 7.377 | 0.157 | 9.799 | 0.096 | 5.017 | 0.059 |
| 360 W | 7.818 | 0.069 | 10.883 | 0.100 | 5.297 | 0.025 |
| 540 W | 8.333 | 0.067 | 13.018 | 0.292 | 6.108 | 0.120 |

ตารางที่ 4.4 ผลของอุณหภูมิและกำลังวัตต์ต่อน้ำพริกแกงแดง
ที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟและลมร้อน

จากตารางที่ 4.4 พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด, ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกหลังจากการทำแห้งด้วยลมร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากน้ำพริกแกงสดเล็กน้อย เมื่อเทียบกับการทำแห้งด้วยไมโครเวฟพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นจากน้ำพริกแกงสดมากกว่า อาจเนื่องจากการใช้ไมโครเวฟที่กำลังวัตต์สูง ทำให้น้ำพริกแกงได้รับอุณหภูมิสูงระหว่างการทำแห้ง มีผลให้ วัตถุดิบที่ใช้ผลิตน้ำพริกแกงเช่น พริก กระเทียม หอมแดง เกิดการถูกทำลายของเนื้อเยื่อจากความร้อน และสามารถสกัดได้ปริมาณมากขึ้น ส่วนการทำแห้งด้วยลมร้อนอาจมีอุณหภูมิที่ไม่สูงพอที่จะเห็นผลการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

| Dependent response | Independent variables | | | | | | R ² | SE |
|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------|-------|
| | intercept | Linear term | | Quadratic term | | interaction term | | |
| | | Temperature (x) | Time (y) | x ² | y ² | xy | | |
| TPC | -470.526 | 4.617** | 1.431** | -0.0167** | -0.002990** | 0.000171** | 0.983 | 0.173 |
| Antioxidant activity | | | | | | | | |
| DPPH %RSA | -1760.985 | 15.726** | 6.061** | -0.0647** | -0.015400** | 0.008531** | 0.990 | 0.495 |
| FRAP | -575.794 | 6.004** | 1.569** | -0.0245** | -0.003970** | 0.002281** | 0.957 | 0.261 |
| Color | | | | | | | | |
| L | 659.709 | -7.423** | -1.229 ^{ns} | 0.0255** | 0.001939 ^{ns} | 0.002374** | 0.827 | 0.990 |
| a | -1755.807 | 24.904** | 1.704 [*] | -0.0783** | 0.001817 [*] | -0.0196 ^{ns} | 0.926 | 0.420 |
| b | 879.463 | 12.716 [*] | 0.787 ^{ns} | -0.0405 [*] | 0.001048 ^{ns} | -0.00993 [*] | 0.718 | 0.524 |
| Sensory test | | | | | | | | |
| คะแนนสี | 614.617 | -6.052** | -1.923 [*] | 0.02146** | 0.003551 [*] | 0.00234 ^{ns} | 0.103 | 1.298 |
| คะแนนกลิ่น | 649.149 | -6.707** | -1.87 [*] | 0.02243** | 0.002949 | 0.00412 ^{ns} | 0.107 | 1.282 |
| คะแนนรสชาติ | 412.053 | -3.972 ^{ns} | -1.311 | 0.02015** | 0.004358** | -0.00534 ^{ns} | 0.174 | 1.144 |
| โดยรวม | 321.253 | -3.197 ^{ns} | -0.989 ^{ns} | 0.0141 ^{ns} | 0.002688 ^{ns} | -0.0018 ^{ns} | 0.056 | 1.347 |

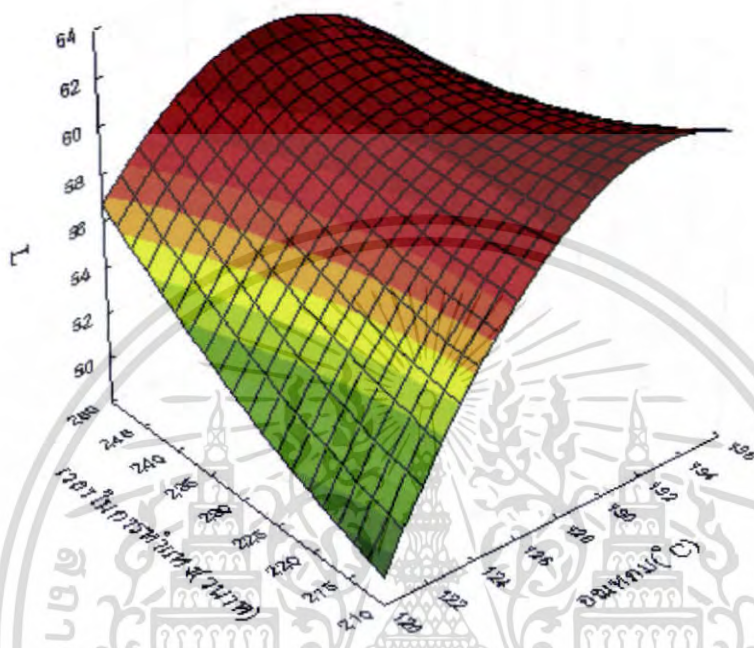
*Significant at P<0.05 ,**Significant at P<0.01;NS, not significant

ตารางที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบตุกกิ้งต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของน้ำพริกแกงแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลต่อค่าสีของน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านการทำแห้งด้วยตุกกิ้ง

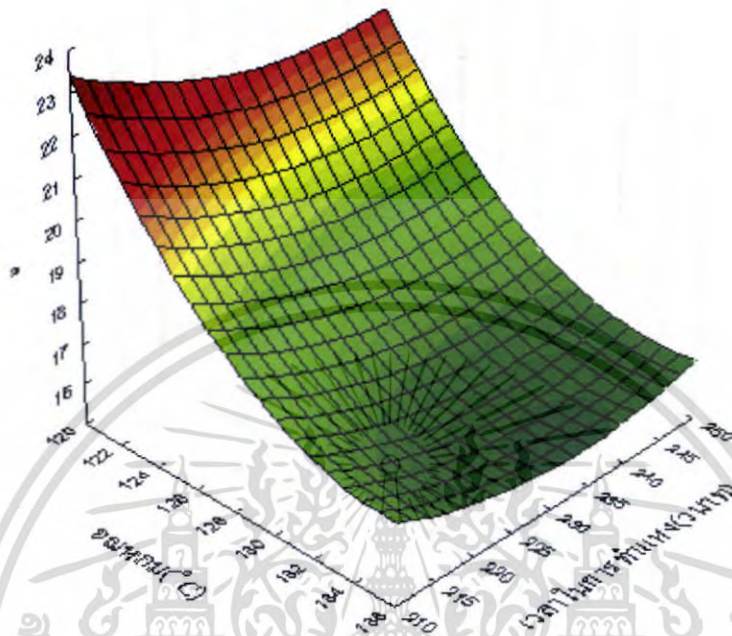
4.4.1 ผลต่อค่าความสว่าง (L)



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้ง และค่าความสว่าง (L)

ค่าความสว่างของน้ำพริกแกงแดงที่ได้หลังจากการทำแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 51.00-59.20 ซึ่งสูงกว่าค่าเริ่มต้นก่อนการทำแห้ง (มีค่าเท่ากับ 32.80) กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งแสดงในรูป 4.4 สมการโพลีโนเมียลอันดับ 2 ของความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงในตารางที่ 4.5 มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.872 จากความสัมพันธ์ในเทอมของเส้นตรงและปฏิสัมพันธ์ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้น ($p < 0.01$) ขณะที่เวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นค่าความสว่าง (L) มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อพิจารณาจากกราฟค่าความสว่างสูงสุดจะอยู่ที่สภาวะอุณหภูมิ 132.0°C และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 219.613 วินาที

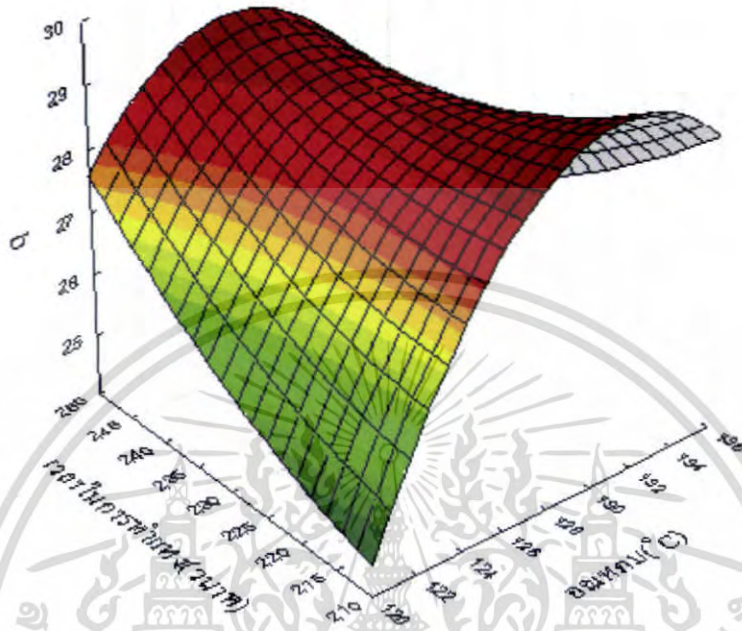
4.4.2 ผลต่อค่าความเป็นสีแดง (a)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้ง และค่าความเป็นสีแดง (a)

ค่าความเป็นสีแดงของน้ำพริกแกงแดงที่ได้หลังจากการทำแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 16.00-21.00 ซึ่งต่ำกว่าค่าเริ่มต้นก่อนการทำแห้ง (มีค่าเท่ากับ 21.710) กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งแสดงในรูปที่ 4.5 สมการโพลีโนเมียลอันดับ 2 ของความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงในตารางที่ 4.5 มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.926 จากความสัมพันธ์ในเทอมของเส้นตรงและโพลีโนเมียล อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a) ลดลง ($p < 0.01$) ขณะที่เวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นค่าความเป็นสีแดง (a) ลดลงเล็กน้อย ($p < 0.05$) สภาวะที่ทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a) มีค่าลดลงมากที่สุดคือ ที่อุณหภูมิที่ 133.86°C เวลาที่ใช้ในการทำแห้งคือ 230.042 วินาที

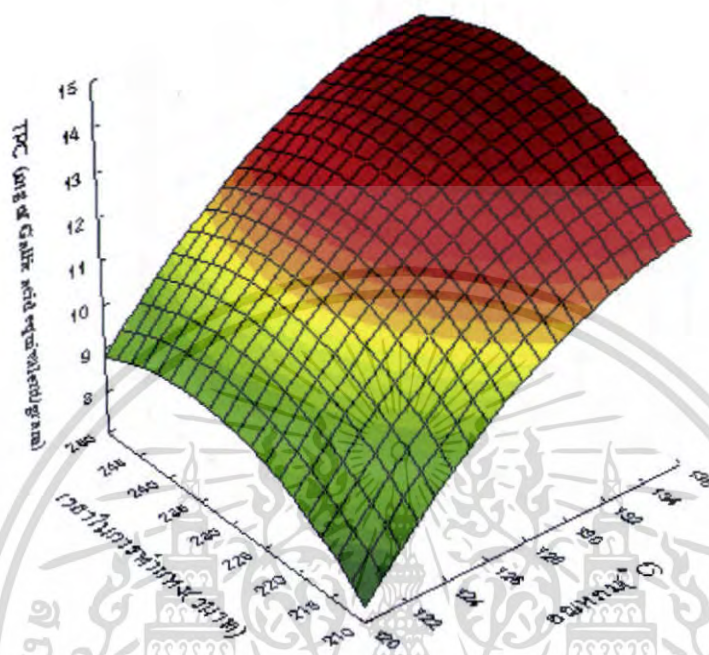
4.4.3 ผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง (b)



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้ง และค่าความเป็นสีเหลือง (b)

ค่าความเป็นสีเหลือง (b) ของน้ำพริกแกงแดงที่ได้หลังจากการทำแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 25.60-29.44 ซึ่งค่าเริ่มต้นก่อนการทำแห้งมีค่าเท่ากับ 15.770 กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งแสดงในรูปที่ 4.6 สมการโพลีโนเมียลอันดับ 2 ของความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงในตารางที่ 4.5 มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.718 จากความสัมพันธ์ในเทอมของเส้นตรง, โพลีโนเมียล และปฏิสัมพันธ์ พบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) ส่วน เวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย สภาวะที่ทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือ ที่อุณหภูมิ $133.86\text{ }^{\circ}\text{C}$ และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 230.042 วินาที

4.5 ผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compounds) ของ น้ำพริกแกงแดงที่ผ่านการทำแห้งด้วยอุณหภูมิต่ำ

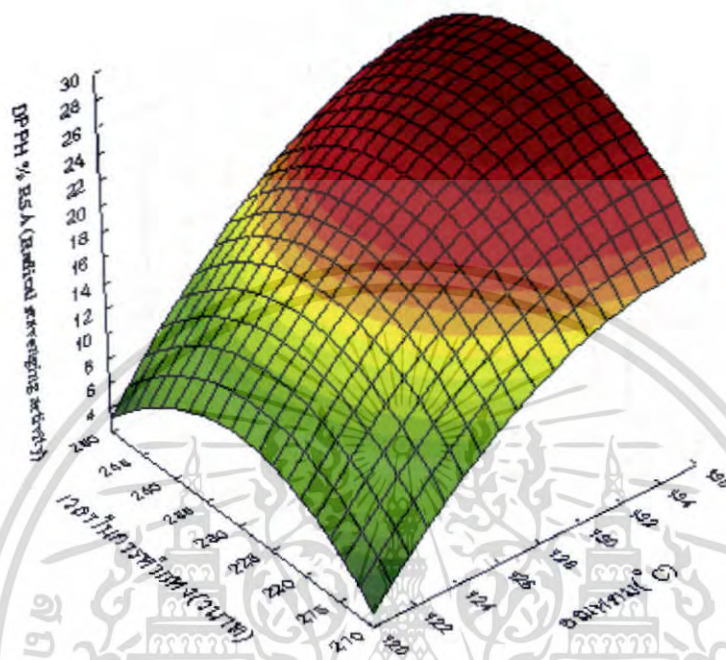


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้ง
และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 7.043 mg of Gallic acid equivalent/gram มีหลังจากการทำแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 10.140-14.893 mg of Gallic acid equivalent/gram กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งแสดงในรูปที่ 4.7 สมการโพลีโนเมียลของความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงในตารางที่ 4.5 มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.983 อุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งมีผลในพจน์ของเส้นตรง โพลีโนเมียลและปฏิสัมพันธ์ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น ($p < 0.01$) ขณะที่เวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นค่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แสดงว่าอุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้สารประกอบฟีนอลิกในพืชแตกตัวได้ง่ายซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย(Scalzo, Iannocari, Summa, Morelli, & Rapisarda,(2004) สำหรับสภาวะที่ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าเพิ่มสูงที่สุดคือ ที่อุณหภูมิ 133.86 °C และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 230.042 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลต่อค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH ของน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านการทำแห้งด้วยตูกลด

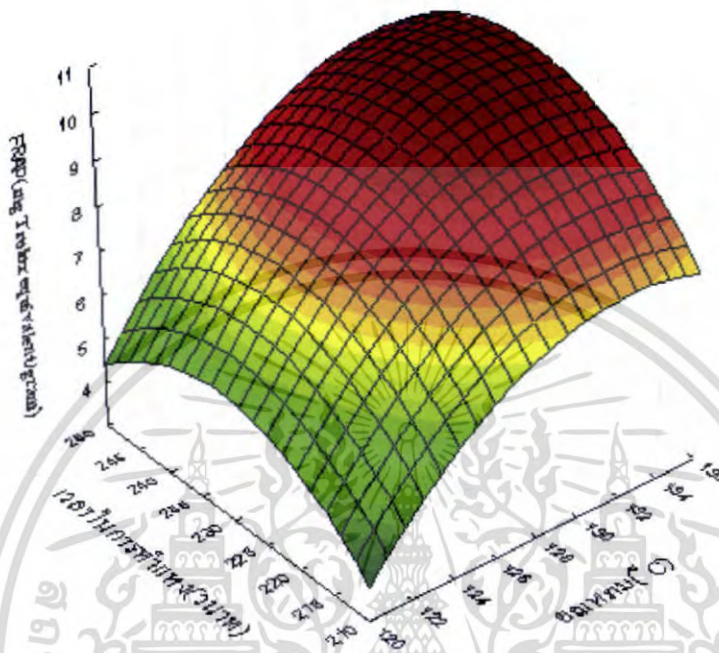


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้ง และค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH

ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPHเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 7.433 % RSA (Radical scavenging activity) หลังจากการทำแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 13.511 - 28.337 % RSA (Radical scavenging activity) กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งแสดงในรูปที่ 4.8 สมการโพลีโนเมียลอันดับ 2 ของความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงในตารางที่ 4.5 มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.99 อุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งมีผลในเทอมของเส้นตรง โพลีโนเมียลและปฏิสัมพันธ์ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPHเพิ่มขึ้น ($p < 0.01$) แสดงว่า อุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPHเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Velioğlu, Mazza, Gao & Oomah, (1998)) สภาวะที่ทำให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPHเพิ่มมากที่สุดคือ ที่อุณหภูมิ 133.86 °C เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 230.042 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 ผลต่อค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านการทำแห้งด้วยตูกลด

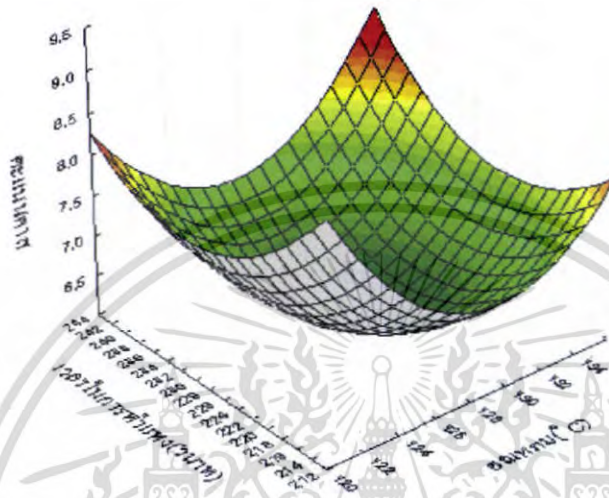


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้ง และค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 4.607 mg Trolox equivalent/gram หลังจากการทำแห้งมีค่าอยู่ในช่วง 6.296 – 10.407 mg Trolox equivalent/gram กราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งแสดงในรูปที่ 4.8 สมการโพลีโนเมียลของความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงในตารางที่ 4.5 มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.957 อุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งมีผลในเทอมของเส้นตรง โพลีโนเมียลและปฏิสัมพันธ์ อุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มขึ้น ($p < 0.01$) แสดงว่าอุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Velioglu, Mazza, Gao & Oomah, (1998)) สภาวะที่ทำให้ค่าความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเพิ่มมากที่สุดคือ ที่อุณหภูมิ 133.86 °C เวลาที่ใช้ในการทำแห้ง 230.042 วินาที

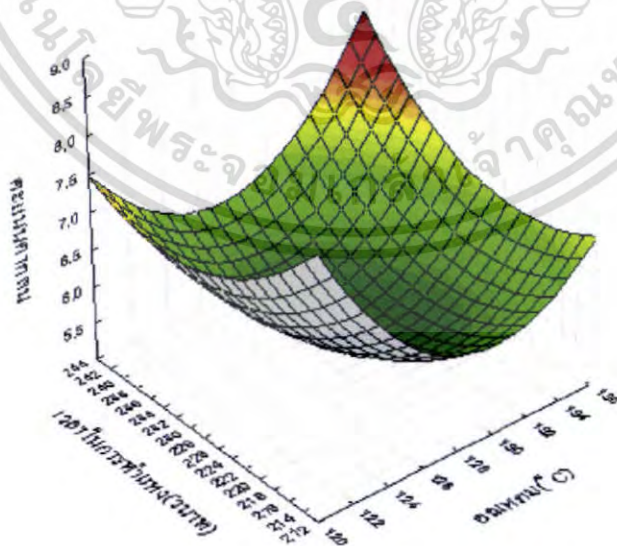
4.8 ผลของการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกแกงแดงที่ผ่านการทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง

4.8.1 ผลต่อคะแนนค่าสี



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้งและคะแนนค่าสี

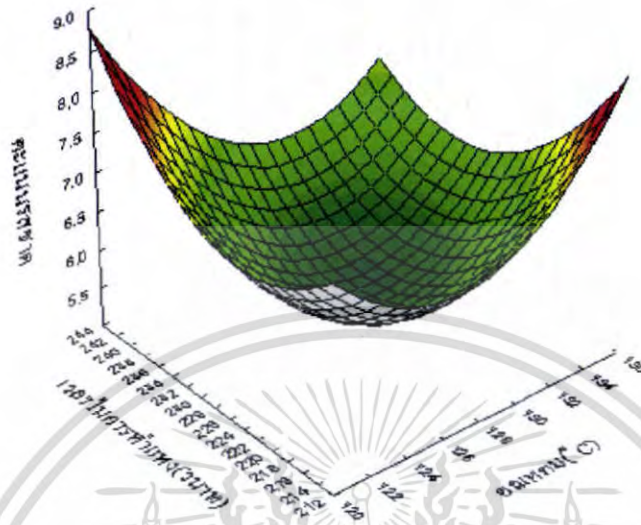
4.8.2 ผลต่อคะแนนค่ากลิ่น



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้งและคะแนนค่ากลิ่น

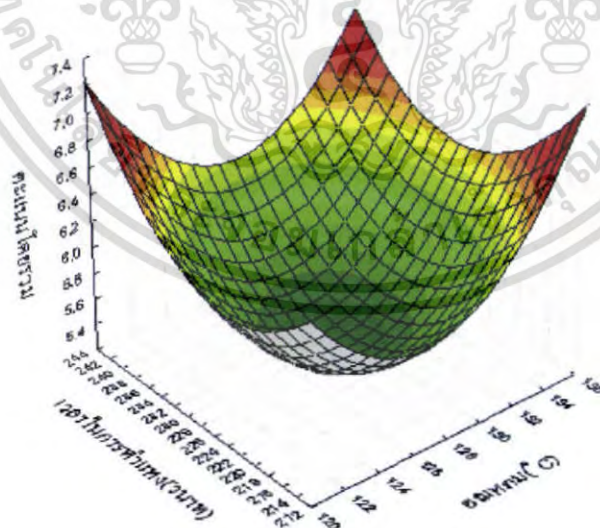
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8.3 ผลต่อคะแนนค่ารสชาติ



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้งและคะแนนค่ารสชาติ

4.8.4 ผลต่อคะแนนโดยรวม



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำแห้งและคะแนนโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำแห้งที่มีต่อคะแนนค่าสี, คะแนนค่ากลิ่น, คะแนนค่ารสชาติ และคะแนนค่าความชอบโดยรวม จากรูปที่ 4.10, 4.11, 4.12 และ 4.13 ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง โพลีโนเมียล และค่าปฏิสัมพันธ์พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.103, 0.107, 0.174 และ 0.056 ซึ่งเป็นค่าที่น้อยมากไม่สามารถอธิบายผลได้จากความสัมพันธ์ของสมการ ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้ชิมไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของน้ำพริกที่ผ่านการทำแห้งที่สภาวะต่างๆ ได้



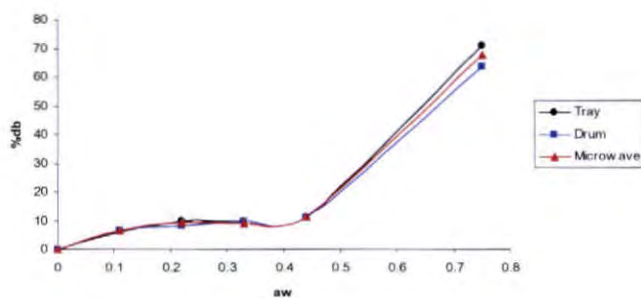
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| อุณหภูมิ (°C) | เวลา (second) | L | | a | | b | | TPC | | DPPH | | FRAP | |
|------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | ทดลอง | ทำนาย | ทดลอง | ทำนาย | ทดลอง | ทำนาย | ทดลอง | ทำนาย | ทดลอง | ทำนาย | ทดลอง | ทำนาย |
| 132 | 240.47 | 58.68 | 59.91 | 17.41 | 16.13 | 28.58 | 28.03 | 14.12 | 13.72 | 26.26 | 25.28 | 9.34 | 9.98 |
| 132 | 219.61 | 59.52 | 60.89 | 17.53 | 16.62 | 28.93 | 28.9 | 13.67 | 13.04 | 24.58 | 23.15 | 8.72 | 9.07 |
| 123 | 240.47 | 58.82 | 57.89 | 19.32 | 19.27 | 29.33 | 28.02 | 11.53 | 10.87 | 15.68 | 13.77 | 7.02 | 7.23 |
| 123 | 219.61 | 55.33 | 55.2 | 20.39 | 20.21 | 27.76 | 27.03 | 11.02 | 10.15 | 14.64 | 13.24 | 6.76 | 6.75 |
| 133.86 | 230.04 | 58.73 | 59.42 | 16.28 | 15.98 | 28.2 | 27.73 | 14.75 | 13.96 | 28.97 | 26.8 | 10.45 | 9.98 |
| 127.5 | 244.64 | 58.6 | 60.85 | 18.2 | 17.24 | 28.49 | 28.97 | 13.25 | 12.46 | 20.82 | 19.49 | 9.08 | 8.83 |
| 121.14 | 230.04 | 51.03 | 53.97 | 21.8 | 20.74 | 25.63 | 26.4 | 10.25 | 9.9 | 13.41 | 11.66 | 6.37 | 6.41 |
| 127.5 | 215.44 | 58.2 | 59.65 | 19.28 | 18.24 | 29.08 | 28.88 | 11.92 | 11.48 | 18.89 | 17.64 | 7.99 | 7.85 |
| 127.5 | 230.04 | 59.17 | 59.86 | 17.77 | 17.33 | 28.91 | 28.7 | 13.14 | 12.61 | 22.86 | 21.84 | 9.06 | 9.19 |
| 127.5 | 230.04 | 58.91 | 59.86 | 18.15 | 17.33 | 29.12 | 28.7 | 13.01 | 12.61 | 23.33 | 21.84 | 9.1 | 9.19 |
| 127.5 | 230.04 | 57.94 | 59.86 | 17.56 | 17.33 | 28.59 | 28.7 | 13.4 | 12.61 | 22.9 | 21.84 | 9.25 | 9.19 |
| 127.5 | 230.04 | 58.37 | 59.86 | 17.31 | 17.33 | 28.51 | 28.7 | 13.16 | 12.61 | 23.67 | 21.84 | 9.28 | 9.19 |
| 127.5 | 230.04 | 58.44 | 59.86 | 18.02 | 17.33 | 28.95 | 28.7 | 13.24 | 12.61 | 23.43 | 21.84 | 9.02 | 9.19 |

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลองกับค่าการทำนายจากแบบจำลองสมการทางคณิตศาสตร์

จากตารางที่ 4.5 นำค่าของตัวแปรคือ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง ไปแทนเพื่อหาค่าการทำนาย พบว่าค่าที่ได้จากการทำนายมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าการทดลองในการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ได้ดังตารางที่ 4.6

4.9 วอเตอร์ซอร์พชั่นไอโซเทอม



รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำในน้ำพริกที่ผ่านการทำแห้งแต่ละวิธี ที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆ

จากรูปที่ 4.14 เมื่อเก็บน้ำพริกแคงแคงไว้ที่สภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากันแล้ว น้ำพริกแคงแคงที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อนจะมีการดูดน้ำกลับคืนมากกว่าน้ำพริกแคงแคงที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟและตุกกิ่งตามลำดับ

ส่งผลให้ค่าความชื้นเท่ากัน น้ำพริกแคงแคงที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อนจะมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี้น้อยกว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตี้น้ำพริกแคงแคงที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟและตุกกิ่งตามลำดับ

จากความสัมพันธ์ที่ได้สามารถใช้ในการออกแบบสภาวะในการเก็บรักษา รวมทั้งออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุน้ำพริกแคงแคงที่ผ่านการทำแห้งแล้ว ให้เหมาะสมกับค่าวอเตอร์แอกติวิตี้น้ำพริกแคงแคงที่ผ่านการทำแห้งด้วยแต่ละวิธี

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การทำแห้งด้วยไมโครเวฟมีอัตราการทำแห้งเร็วกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน สามารถอธิบายสมการการทำแห้งได้ดี ด้วยสมการของ Page ผลของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ ตู้อบลมร้อน และ เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง พบว่า น้ำพริกแห้งมีค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีแดง (a) มีค่าลดลง แสดงว่าสีหลังการทำแห้งจะซีดจางกว่าน้ำพริกสด เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธีพบว่าผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นกว่าน้ำพริกสด โดยเฉพาะการทำแห้งด้วยลูกกลิ้งทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก เพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยสถานะที่เหมาะสมที่สุดจากการทำแห้ง คือ ที่อุณหภูมิ 133.86°C และเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง คือ 230.04 วินาที

ผลของการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ไม่สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของสมการกับผลที่เกิดขึ้นได้ เป็นผลมาจากผู้ชิมไม่สามารถแยกแยะถึง ค่าสี กลิ่น รสชาติ ที่เปลี่ยนไป

เอกสารอ้างอิง

Zhengfu Wang, Junhong Sun, Fang Chen, Xiaojun Liao, Xiaosong Hu, Mathematical modeling on thin layer microwave drying of apple pomace with and without hot air pre-drying, *Journal of Food Engineering* 80 (2007) 533 – 544.

Antonio Vega, Elsa Uribe, Roberto Lemus, Margarita Miranda, Hot-air drying characteristics of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) and influence of temperature on kinetic parameters, *LWT* 40 (2007) 1698 – 1707.

N.J. Thakor, S. Sokhansanj, F.W. Sosulski, S. Yannacopoulos, Mass and dimensional changes of single canola kernels during drying, *Journal of Food Engineering* 40 (1999) 153 – 160.

A. Vega, P. Fito, A. Andres, R. Lemus, Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo), *Journal of Food Engineering* 79 (2007) 1460 – 1466.

Qi-Long Shi, Chang-Hu Xue, Ya Zhao, Zhao-Jie Li, Xiang-You Wang, Dong-Lei Luan, Optimization of processing parameters of horse mackerel dried in heat pump dehumidifier using response surface methodology, *Journal of Food Engineering* 87 (2008) 74-81.

Lim Y.Y., Murtijaya J. (2007), Antioxidant properties of *phyllanthus amarus* extracts as affected by different drying methods, *LWT*, 40, 1664-1669.

Scalzo, R.L., Iannocari, T., Summa, C., Morelli, R. & Rapisarda, P., (2004). Effect of thermal treatments on antioxidant and antiradical activity of blood orange juice.

Velioglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L., & Oomah, B.O. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetable, and grain products. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 46, 4113-4117.

Department of Food Science, Faculty of Agricultural Industry. Department of Food Engineering, Faculty of Engineering. Department of Chemistry, Faculty of Science. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. Influence of Heat on Total Phenolic Content, Antioxidant Activity and Color of Thai Red Curry Paste.

ภาคผนวก ก

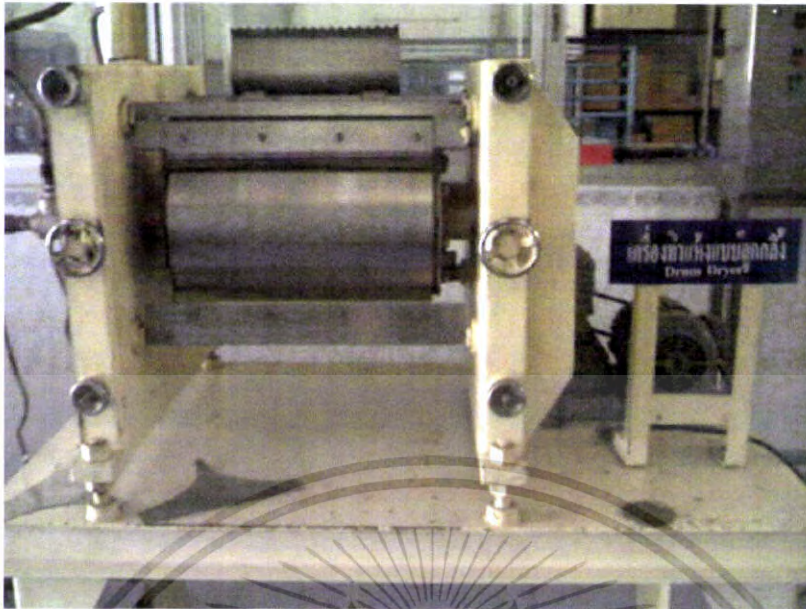


รูปที่ ก-1 ตู้อบลมร้อน

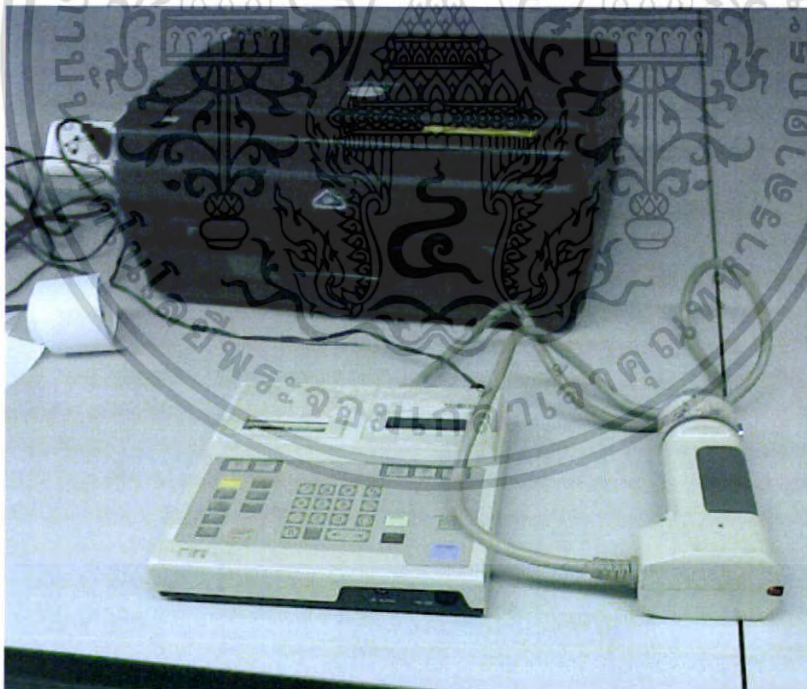


รูปที่ ก-2 เตอบไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-3 เครื่องทำแห้งแบบตุงกลิ้ง

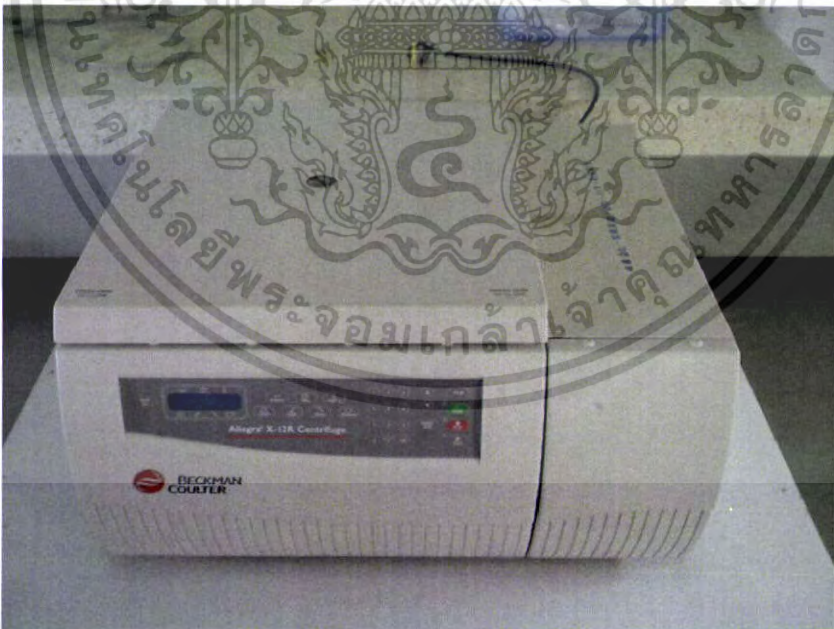


รูปที่ ก-4 เครื่องวัดค่าสี Colorimeter Minolta

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-5 เครื่องชั่ง



รูปที่ ก-6 เครื่องเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-7 เครื่องผสม Vortex mixer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

initial MC = 72.08%

Hot air oven temp 60 C

R1

plastic sheet wt = 568.35 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 622.92 | 54.57 | 15.2359 | 39.3341 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 10 | 620.18 | 51.83 | 15.2359 | 36.5941 | 2.4018 | 0.9303 | 0.1798 |
| 20 | 616.58 | 48.23 | 15.2359 | 32.9941 | 2.1655 | 0.8388 | 0.2363 |
| 30 | 612.65 | 44.3 | 15.2359 | 29.0641 | 1.9076 | 0.7389 | 0.2579 |
| 40 | 608.63 | 40.28 | 15.2359 | 25.0441 | 1.6437 | 0.6367 | 0.2638 |
| 50 | 605.13 | 36.78 | 15.2359 | 21.5441 | 1.4140 | 0.5477 | 0.2297 |
| 60 | 601.65 | 33.3 | 15.2359 | 18.0641 | 1.1856 | 0.4592 | 0.2284 |
| 70 | 598.66 | 30.31 | 15.2359 | 15.0741 | 0.9894 | 0.3832 | 0.1962 |
| 80 | 595.88 | 27.53 | 15.2359 | 12.2941 | 0.8069 | 0.3126 | 0.1825 |
| 90 | 593.52 | 25.17 | 15.2359 | 9.9341 | 0.6520 | 0.2526 | 0.1549 |
| 100 | 591.24 | 22.89 | 15.2359 | 7.6541 | 0.5024 | 0.1946 | 0.1496 |
| 110 | 589.21 | 20.86 | 15.2359 | 5.6241 | 0.3691 | 0.1430 | 0.1332 |
| 120 | 588.18 | 19.83 | 15.2359 | 4.5941 | 0.3015 | 0.1168 | 0.0676 |
| 130 | 587.28 | 18.93 | 15.2359 | 3.6941 | 0.2425 | 0.0939 | 0.0591 |
| 140 | 586.61 | 18.26 | 15.2359 | 3.0241 | 0.1985 | 0.0769 | 0.0440 |
| 150 | 586.08 | 17.73 | 15.2359 | 2.4941 | 0.1637 | 0.0634 | 0.0348 |
| 160 | 585.71 | 17.36 | 15.2359 | 2.1241 | 0.1394 | 0.0540 | 0.0243 |
| 170 | 585.31 | 16.96 | 15.2359 | 1.7241 | 0.1132 | 0.0438 | 0.0263 |
| 180 | 585.27 | 16.92 | 15.2359 | 1.6841 | 0.1105 | 0.0428 | 0.0026 |
| 190 | 585.14 | 16.79 | 15.2359 | 1.5541 | 0.1020 | 0.0395 | 0.0085 |
| 200 | 585.07 | 16.72 | 15.2359 | 1.4841 | 0.0974 | 0.0377 | 0.0046 |
| 210 | 585.03 | 16.68 | 15.2359 | 1.4441 | 0.0948 | 0.0367 | 0.0026 |
| 220 | 585.01 | 16.66 | 15.2359 | 1.4241 | 0.0935 | 0.0362 | 0.0013 |
| 230 | 584.88 | 16.53 | 15.2359 | 1.2941 | 0.0849 | 0.0329 | 0.0085 |
| 240 | 584.85 | 16.5 | 15.2359 | 1.2641 | 0.0830 | 0.0321 | 0.0020 |

ตารางที่ ข-1 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยลมร้อน 60 C ตัวอย่างที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

initial MC = 72.08%

Hot air oven temp 60 C

R2

plastic sheet wt = 568.2 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 623.08 | 54.88 | 15.3225 | 39.5575 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 10 | 619.99 | 51.79 | 15.3225 | 36.4675 | 2.3800 | 0.9219 | 0.2017 |
| 20 | 615.88 | 47.68 | 15.3225 | 32.3575 | 2.1118 | 0.8180 | 0.2682 |
| 30 | 611.95 | 43.75 | 15.3225 | 28.4275 | 1.8553 | 0.7186 | 0.2565 |
| 40 | 607.85 | 39.65 | 15.3225 | 24.3275 | 1.5877 | 0.6150 | 0.2676 |
| 50 | 604.02 | 35.82 | 15.3225 | 20.4975 | 1.3377 | 0.5182 | 0.2500 |
| 60 | 600.47 | 32.27 | 15.3225 | 16.9475 | 1.1061 | 0.4284 | 0.2317 |
| 70 | 597.13 | 28.93 | 15.3225 | 13.6075 | 0.8881 | 0.3440 | 0.2180 |
| 80 | 594.40 | 26.2 | 15.3225 | 10.8775 | 0.7099 | 0.2750 | 0.1782 |
| 90 | 591.28 | 23.08 | 15.3225 | 7.7575 | 0.5063 | 0.1961 | 0.2036 |
| 100 | 589.92 | 21.72 | 15.3225 | 6.3975 | 0.4175 | 0.1617 | 0.0888 |
| 110 | 588.47 | 20.27 | 15.3225 | 4.9475 | 0.3229 | 0.1251 | 0.0946 |
| 120 | 587.40 | 19.2 | 15.3225 | 3.8775 | 0.2531 | 0.0980 | 0.0698 |
| 130 | 586.69 | 18.49 | 15.3225 | 3.1675 | 0.2067 | 0.0801 | 0.0463 |
| 140 | 586.15 | 17.95 | 15.3225 | 2.6275 | 0.1715 | 0.0664 | 0.0352 |
| 150 | 585.78 | 17.58 | 15.3225 | 2.2575 | 0.1473 | 0.0571 | 0.0241 |
| 160 | 585.57 | 17.37 | 15.3225 | 2.0475 | 0.1336 | 0.0518 | 0.0137 |
| 170 | 585.40 | 17.2 | 15.3225 | 1.8775 | 0.1225 | 0.0475 | 0.0111 |
| 180 | 585.25 | 17.05 | 15.3225 | 1.7275 | 0.1127 | 0.0437 | 0.0098 |
| 190 | 585.15 | 16.95 | 15.3225 | 1.6275 | 0.1062 | 0.0411 | 0.0065 |
| 200 | 585.03 | 16.83 | 15.3225 | 1.5075 | 0.0984 | 0.0381 | 0.0078 |
| 210 | 585.00 | 16.8 | 15.3225 | 1.4775 | 0.0964 | 0.0374 | 0.0020 |
| 220 | 584.98 | 16.78 | 15.3225 | 1.4575 | 0.0951 | 0.0368 | 0.0013 |
| 230 | 584.95 | 16.75 | 15.3225 | 1.4275 | 0.0932 | 0.0361 | 0.0020 |
| 240 | 584.89 | 16.69 | 15.3225 | 1.3675 | 0.0892 | 0.0346 | 0.0039 |

ตารางที่ ข-2 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยลมร้อน 60 C ตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

initial MC = 72.08%

Hot air oven temp 60 C

R3

plastic sheet wt = 568.22 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 623.95 | 55.73 | 15.5598 | 40.1702 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 10 | 621.09 | 52.87 | 15.5598 | 37.3102 | 2.3979 | 0.9288 | 0.1838 |
| 20 | 617.41 | 49.19 | 15.5598 | 33.6302 | 2.1613 | 0.8372 | 0.2365 |
| 30 | 613.39 | 45.17 | 15.5598 | 29.6102 | 1.9030 | 0.7371 | 0.2584 |
| 40 | 609.41 | 41.19 | 15.5598 | 25.6302 | 1.6472 | 0.6380 | 0.2558 |
| 50 | 605.75 | 37.53 | 15.5598 | 21.9702 | 1.4120 | 0.5469 | 0.2352 |
| 60 | 602.27 | 34.05 | 15.5598 | 18.4902 | 1.1883 | 0.4603 | 0.2237 |
| 70 | 599.15 | 30.93 | 15.5598 | 15.3702 | 0.9878 | 0.3826 | 0.2005 |
| 80 | 596.23 | 28.01 | 15.5598 | 12.4502 | 0.8001 | 0.3099 | 0.1877 |
| 90 | 593.61 | 25.39 | 15.5598 | 9.8302 | 0.6318 | 0.2447 | 0.1684 |
| 100 | 591.57 | 23.35 | 15.5598 | 7.7902 | 0.5007 | 0.1939 | 0.1311 |
| 110 | 589.92 | 21.7 | 15.5598 | 6.1402 | 0.3946 | 0.1529 | 0.1060 |
| 120 | 588.58 | 20.36 | 15.5598 | 4.8002 | 0.3085 | 0.1195 | 0.0861 |
| 130 | 587.60 | 19.38 | 15.5598 | 3.8202 | 0.2455 | 0.0951 | 0.0630 |
| 140 | 586.85 | 18.63 | 15.5598 | 3.0702 | 0.1973 | 0.0764 | 0.0482 |
| 150 | 586.37 | 18.15 | 15.5598 | 2.5902 | 0.1665 | 0.0645 | 0.0308 |
| 160 | 586.02 | 17.8 | 15.5598 | 2.2402 | 0.1440 | 0.0558 | 0.0225 |
| 170 | 585.78 | 17.56 | 15.5598 | 2.0002 | 0.1285 | 0.0498 | 0.0154 |
| 180 | 585.51 | 17.29 | 15.5598 | 1.7302 | 0.1112 | 0.0431 | 0.0174 |
| 190 | 585.46 | 17.24 | 15.5598 | 1.6802 | 0.1080 | 0.0418 | 0.0032 |
| 200 | 585.32 | 17.1 | 15.5598 | 1.5402 | 0.0990 | 0.0383 | 0.0090 |
| 210 | 585.23 | 17.01 | 15.5598 | 1.4502 | 0.0932 | 0.0361 | 0.0058 |
| 220 | 585.22 | 17 | 15.5598 | 1.4402 | 0.0926 | 0.0359 | 0.0006 |
| 230 | 585.15 | 16.93 | 15.5598 | 1.3702 | 0.0881 | 0.0341 | 0.0045 |
| 240 | 585.13 | 16.91 | 15.5598 | 1.3502 | 0.0868 | 0.0336 | 0.0013 |

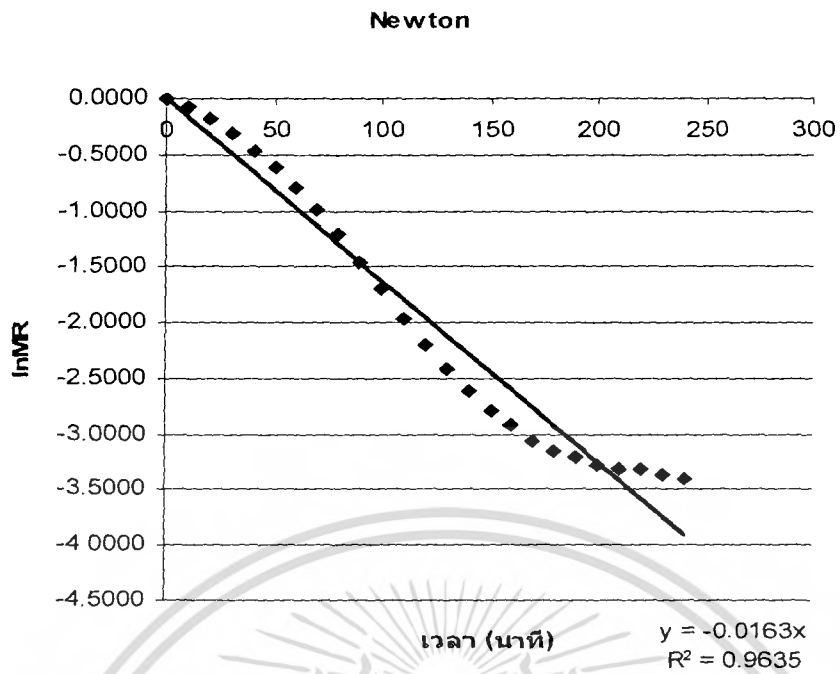
ตารางที่ ข-3 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยลมร้อน 60 C ตัวอย่างที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

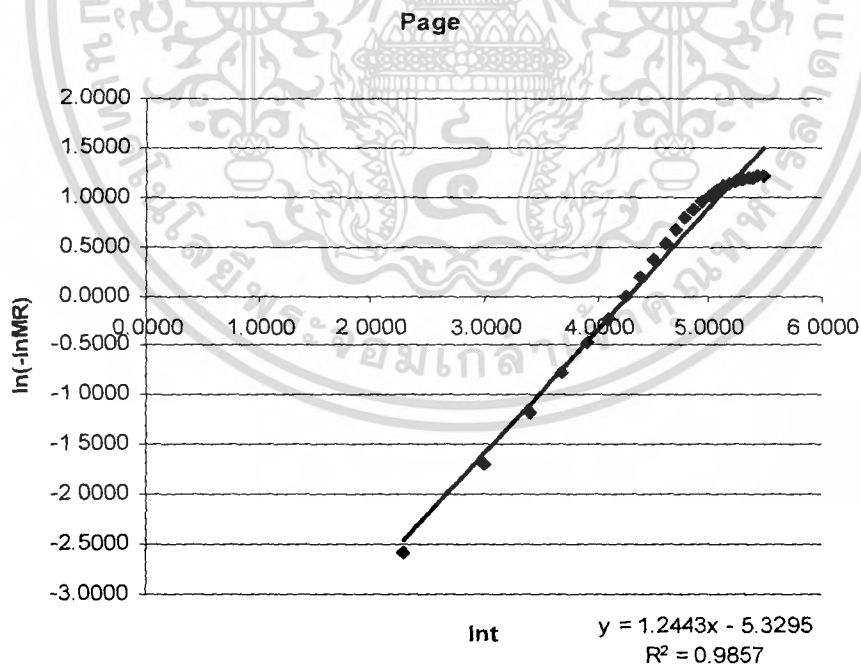
| time | MRav | lnMR | ln(-lnMR) | Int |
|------|--------|---------|-----------|--------|
| min | | | | |
| 0 | 1.0000 | 0.0000 | - | - |
| 10 | 0.9270 | -0.0758 | -2.5798 | 2.3026 |
| 20 | 0.8313 | -0.1847 | -1.6889 | 2.9957 |
| 30 | 0.7316 | -0.3126 | -1.1629 | 3.4012 |
| 40 | 0.6299 | -0.4622 | -0.7718 | 3.6889 |
| 50 | 0.5376 | -0.6206 | -0.4770 | 3.9120 |
| 60 | 0.4493 | -0.8000 | -0.2231 | 4.0943 |
| 70 | 0.3700 | -0.9944 | -0.0056 | 4.2485 |
| 80 | 0.2992 | -1.2068 | 0.1880 | 4.3820 |
| 90 | 0.2311 | -1.4648 | 0.3817 | 4.4998 |
| 100 | 0.1834 | -1.6960 | 0.5283 | 4.6052 |
| 110 | 0.1403 | -1.9640 | 0.6750 | 4.7005 |
| 120 | 0.1114 | -2.1943 | 0.7859 | 4.7875 |
| 130 | 0.0897 | -2.4113 | 0.8802 | 4.8675 |
| 140 | 0.0732 | -2.6140 | 0.9609 | 4.9416 |
| 150 | 0.0617 | -2.7862 | 1.0247 | 5.0106 |
| 160 | 0.0538 | -2.9217 | 1.0722 | 5.0752 |
| 170 | 0.0470 | -3.0570 | 1.1174 | 5.1358 |
| 180 | 0.0432 | -3.1423 | 1.1449 | 5.1930 |
| 190 | 0.0408 | -3.1984 | 1.1627 | 5.2470 |
| 200 | 0.0381 | -3.2686 | 1.1844 | 5.2983 |
| 210 | 0.0367 | -3.3044 | 1.1953 | 5.3471 |
| 220 | 0.0363 | -3.3159 | 1.1987 | 5.3936 |
| 230 | 0.0344 | -3.3707 | 1.2151 | 5.4381 |
| 240 | 0.0334 | -3.3980 | 1.2232 | 5.4806 |

ตารางที่ ข-4 ค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยสมรร้อน 60 C ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

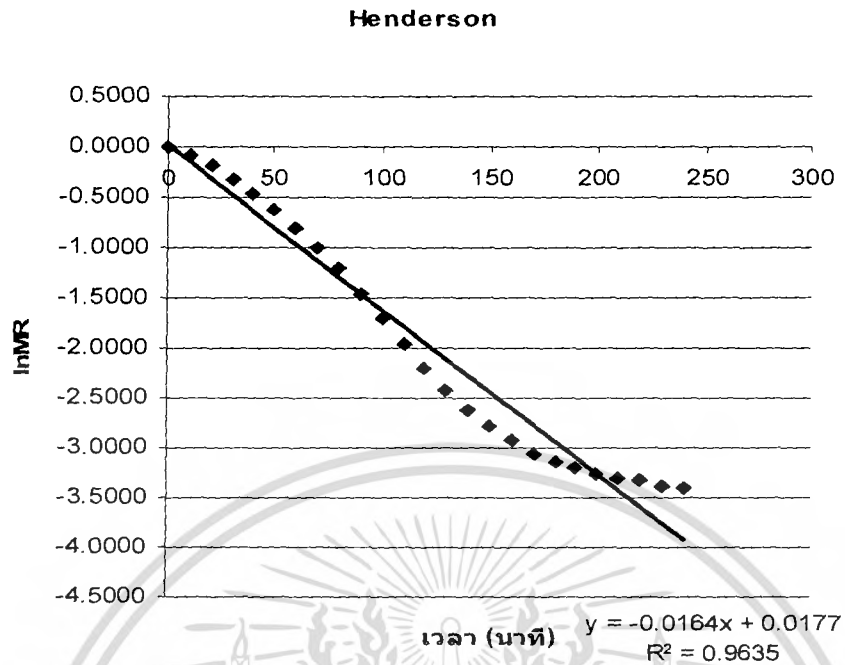


รูปที่ ข-5 แบบจำลอง Newton ของการทำแห้งด้วยลมร้อน 60 C



รูปที่ ข-6 แบบจำลอง Page ของการทำแห้งด้วยลมร้อน 60 C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-7 แบบจำลอง Henderson ของการทำแห้งด้วยลมร้อน 60 C

| | k | n | a |
|-----------|--------|--------|--------|
| Newton | 0.0163 | | |
| Page | 0.0048 | 1.2443 | |
| Henderson | 0.0164 | | 1.0179 |

ตารางที่ ข-8 ค่าคงที่ของแบบจำลองต่างๆ ในการทำแห้งด้วยลมร้อน 60 C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|-----------------------------|
| $X^2 = \sum_{i=1}^n (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2 / N-z$ $RMSE = \sqrt{((1/N) * \sum_{i=1}^n (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2)}$ | |
| <p>N = Number of observation</p> <p>z = Constant in drying model</p> <p>MR_{exp,i} = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ตัวอย่าง</p> <p>MR_{pre,i} = ค่าจากการคำนวณ</p> | |
| Newton | MR = exp(-kt) |
| Page | MR = exp(-kt ⁿ) |
| Henderson | MR = aexp(-kt) |

ตารางที่ ข-9 วิธีคำนวณค่าต่างๆ ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time | MRexp | MRpre | MRpre | MRpre | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² | (MRexp-Mrpre) ² | (MRexp-Mrpre) ² |
|------|--------|--------|--------|-----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| min | | Newton | Page | Henderson | Newton | Page | Henderson | Newton | Page | Henderson |
| 0 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0179 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 |
| 10 | 0.9270 | 0.8496 | 0.9192 | 0.8639 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0060 | 0.0001 | 0.0040 |
| 20 | 0.8313 | 0.7218 | 0.8191 | 0.7333 | 0.0005 | 0.0000 | 0.0004 | 0.0120 | 0.0002 | 0.0096 |
| 30 | 0.7316 | 0.6132 | 0.7185 | 0.6223 | 0.0006 | 0.0000 | 0.0005 | 0.0140 | 0.0002 | 0.0119 |
| 40 | 0.6299 | 0.5210 | 0.6232 | 0.5282 | 0.0005 | 0.0000 | 0.0004 | 0.0119 | 0.0000 | 0.0103 |
| 50 | 0.5376 | 0.4426 | 0.5357 | 0.4483 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0090 | 0.0000 | 0.0080 |
| 60 | 0.4493 | 0.3761 | 0.4570 | 0.3805 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0054 | 0.0001 | 0.0047 |
| 70 | 0.3700 | 0.3195 | 0.3873 | 0.3229 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0025 | 0.0003 | 0.0022 |
| 80 | 0.2992 | 0.2714 | 0.3262 | 0.2741 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0008 | 0.0007 | 0.0006 |
| 90 | 0.2311 | 0.2306 | 0.2734 | 0.2326 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0018 | 0.0000 |
| 100 | 0.1834 | 0.1959 | 0.2280 | 0.1975 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0020 | 0.0002 |
| 110 | 0.1403 | 0.1665 | 0.1892 | 0.1676 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0007 | 0.0024 | 0.0007 |
| 120 | 0.1114 | 0.1414 | 0.1564 | 0.1422 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0009 | 0.0020 | 0.0009 |
| 130 | 0.0897 | 0.1202 | 0.1288 | 0.1207 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0009 | 0.0015 | 0.0010 |
| 140 | 0.0732 | 0.1021 | 0.1057 | 0.1025 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0008 | 0.0011 | 0.0009 |
| 150 | 0.0617 | 0.0867 | 0.0864 | 0.0870 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0006 |
| 160 | 0.0538 | 0.0737 | 0.0704 | 0.0738 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0004 |
| 170 | 0.0470 | 0.0626 | 0.0572 | 0.0626 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0002 |
| 180 | 0.0432 | 0.0532 | 0.0463 | 0.0532 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0001 |
| 190 | 0.0408 | 0.0452 | 0.0374 | 0.0451 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 200 | 0.0381 | 0.0384 | 0.0301 | 0.0383 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 |
| 210 | 0.0367 | 0.0326 | 0.0242 | 0.0325 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0000 |
| 220 | 0.0363 | 0.0277 | 0.0194 | 0.0276 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0001 |
| 230 | 0.0344 | 0.0235 | 0.0155 | 0.0234 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0001 |
| 240 | 0.0334 | 0.0200 | 0.0123 | 0.0199 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0004 | 0.0002 |
| | | | | χ^2 | 0.0028 | 0.0006 | 0.0025 | | | |
| | | | | | | | RMSE | 0.0517 | 0.0242 | 0.0478 |

ตารางที่ ข-10 ค่าทางสถิติของการทำแห้งด้วยลมร้อน 60 C

initial MC = 72.08%

Hot air oven temp 70 C

R1

plastic sheet wt = 568.1 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 624.43 | 56.33 | 15.7273 | 40.6027 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 10 | 620.87 | 52.77 | 15.7273 | 37.0427 | 2.3553 | 0.9123 | 0.2264 |
| 20 | 616.01 | 47.91 | 15.7273 | 32.1827 | 2.0463 | 0.7926 | 0.3090 |
| 30 | 610.95 | 42.85 | 15.7273 | 27.1227 | 1.7246 | 0.6680 | 0.3217 |
| 40 | 606.07 | 37.97 | 15.7273 | 22.2427 | 1.4143 | 0.5478 | 0.3103 |
| 50 | 601.60 | 33.50 | 15.7273 | 17.7727 | 1.1300 | 0.4377 | 0.2842 |
| 60 | 597.61 | 29.51 | 15.7273 | 13.7827 | 0.8764 | 0.3395 | 0.2537 |
| 70 | 594.00 | 25.90 | 15.7273 | 10.1727 | 0.6468 | 0.2505 | 0.2295 |
| 80 | 591.25 | 23.15 | 15.7273 | 7.4227 | 0.4720 | 0.1828 | 0.1749 |
| 90 | 589.13 | 21.03 | 15.7273 | 5.3027 | 0.3372 | 0.1306 | 0.1348 |
| 100 | 587.72 | 19.62 | 15.7273 | 3.8927 | 0.2475 | 0.0959 | 0.0897 |
| 110 | 586.70 | 18.60 | 15.7273 | 2.8727 | 0.1827 | 0.0708 | 0.0649 |
| 120 | 586.14 | 18.04 | 15.7273 | 2.3127 | 0.1470 | 0.0570 | 0.0356 |
| 130 | 585.68 | 17.58 | 15.7273 | 1.8527 | 0.1178 | 0.0456 | 0.0292 |
| 140 | 585.36 | 17.26 | 15.7273 | 1.5327 | 0.0975 | 0.0377 | 0.0203 |
| 150 | 585.28 | 17.18 | 15.7273 | 1.4527 | 0.0924 | 0.0358 | 0.0051 |
| 160 | 585.11 | 17.01 | 15.7273 | 1.2827 | 0.0816 | 0.0316 | 0.0108 |
| 170 | 585.04 | 16.94 | 15.7273 | 1.2127 | 0.0771 | 0.0299 | 0.0045 |
| 180 | 585.00 | 16.90 | 15.7273 | 1.1727 | 0.0746 | 0.0289 | 0.0025 |

ตารางที่ ข-11 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยลมร้อน 70 C ตัวอย่างที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

initial MC = 72.08%

Hot air oven temp 70 C

R2

plastic sheet wt = 543.93 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 599.70 | 55.77 | 15.5710 | 40.1990 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 10 | 596.11 | 52.18 | 15.5710 | 36.6090 | 2.3511 | 0.9107 | 0.2306 |
| 20 | 591.27 | 47.34 | 15.5710 | 31.7690 | 2.0403 | 0.7903 | 0.3108 |
| 30 | 586.15 | 42.22 | 15.5710 | 26.6490 | 1.7115 | 0.6629 | 0.3288 |
| 40 | 581.26 | 37.33 | 15.5710 | 21.7590 | 1.3974 | 0.5413 | 0.3140 |
| 50 | 577.07 | 33.14 | 15.5710 | 17.5690 | 1.1283 | 0.4371 | 0.2691 |
| 60 | 573.27 | 29.34 | 15.5710 | 13.7690 | 0.8843 | 0.3425 | 0.2440 |
| 70 | 569.96 | 26.03 | 15.5710 | 10.4590 | 0.6717 | 0.2602 | 0.2126 |
| 80 | 567.35 | 23.42 | 15.5710 | 7.8490 | 0.5041 | 0.1953 | 0.1676 |
| 90 | 565.19 | 21.26 | 15.5710 | 5.6890 | 0.3654 | 0.1415 | 0.1387 |
| 100 | 563.69 | 19.76 | 15.5710 | 4.1890 | 0.2690 | 0.1042 | 0.0963 |
| 110 | 562.59 | 18.66 | 15.5710 | 3.0890 | 0.1984 | 0.0768 | 0.0706 |
| 120 | 561.96 | 18.03 | 15.5710 | 2.4590 | 0.1579 | 0.0612 | 0.0405 |
| 130 | 561.96 | 18.03 | 15.5710 | 2.4590 | 0.1579 | 0.0612 | 0.0000 |
| 140 | 561.40 | 17.47 | 15.5710 | 1.8990 | 0.1220 | 0.0472 | 0.0360 |
| 150 | 561.09 | 17.16 | 15.5710 | 1.5890 | 0.1020 | 0.0395 | 0.0199 |
| 160 | 560.94 | 17.01 | 15.5710 | 1.4390 | 0.0924 | 0.0358 | 0.0096 |
| 170 | 560.80 | 16.87 | 15.5710 | 1.2990 | 0.0834 | 0.0323 | 0.0090 |
| 180 | 560.67 | 16.74 | 15.5710 | 1.1690 | 0.0751 | 0.0291 | 0.0083 |

ตารางที่ ข-12 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยลมร้อน 70 C ตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

initial MC = 72.08%

Hot air oven temp 70 C

R3

plastic sheet wt = 568.01 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 623.89 | 55.88 | 15.6017 | 40.2783 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 10 | 619.96 | 51.95 | 15.6017 | 36.3483 | 2.3298 | 0.9024 | 0.2519 |
| 20 | 614.84 | 46.83 | 15.6017 | 31.2283 | 2.0016 | 0.7753 | 0.3282 |
| 30 | 609.78 | 41.77 | 15.6017 | 26.1683 | 1.6773 | 0.6497 | 0.3243 |
| 40 | 605.01 | 37.00 | 15.6017 | 21.3983 | 1.3715 | 0.5313 | 0.3057 |
| 50 | 600.50 | 32.49 | 15.6017 | 16.8883 | 1.0825 | 0.4193 | 0.2891 |
| 60 | 596.83 | 28.82 | 15.6017 | 13.2183 | 0.8472 | 0.3282 | 0.2352 |
| 70 | 593.66 | 25.65 | 15.6017 | 10.0483 | 0.6441 | 0.2495 | 0.2032 |
| 80 | 591.27 | 23.26 | 15.6017 | 7.6583 | 0.4909 | 0.1901 | 0.1532 |
| 90 | 589.34 | 21.33 | 15.6017 | 5.7283 | 0.3672 | 0.1422 | 0.1237 |
| 100 | 587.98 | 19.97 | 15.6017 | 4.3683 | 0.2800 | 0.1085 | 0.0872 |
| 110 | 586.98 | 18.97 | 15.6017 | 3.3683 | 0.2159 | 0.0836 | 0.0641 |
| 120 | 586.28 | 18.27 | 15.6017 | 2.6683 | 0.1710 | 0.0662 | 0.0449 |
| 130 | 585.77 | 17.76 | 15.6017 | 2.1583 | 0.1383 | 0.0536 | 0.0327 |
| 140 | 585.47 | 17.46 | 15.6017 | 1.8583 | 0.1191 | 0.0461 | 0.0192 |
| 150 | 585.13 | 17.12 | 15.6017 | 1.5183 | 0.0973 | 0.0377 | 0.0218 |
| 160 | 585.01 | 17.00 | 15.6017 | 1.3983 | 0.0896 | 0.0347 | 0.0077 |
| 170 | 585.01 | 17.00 | 15.6017 | 1.3983 | 0.0896 | 0.0347 | 0.0000 |
| 180 | 584.95 | 16.94 | 15.6017 | 1.3383 | 0.0858 | 0.0332 | 0.0038 |

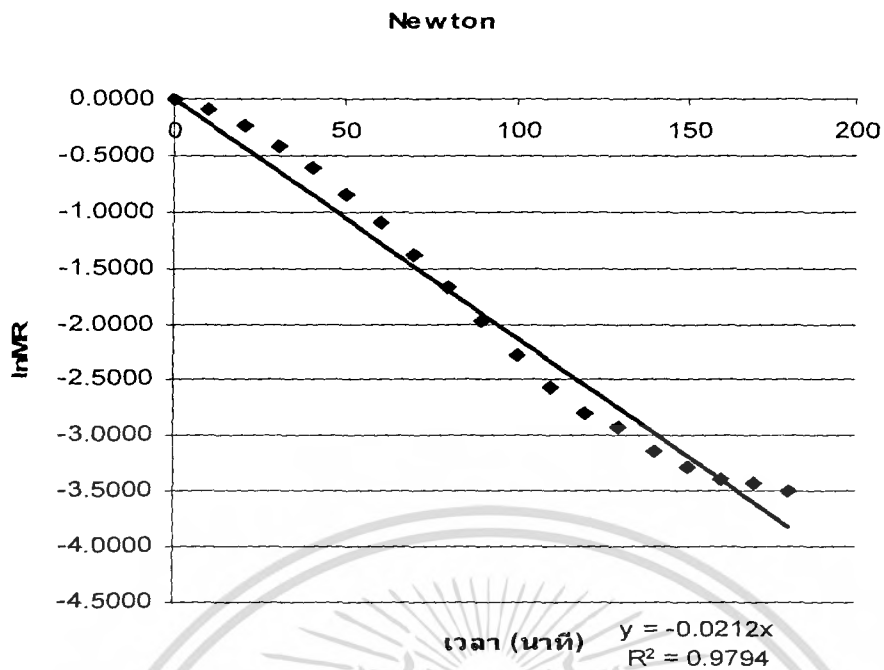
ตารางที่ ข-13 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยลมร้อน 70 C ตัวอย่างที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

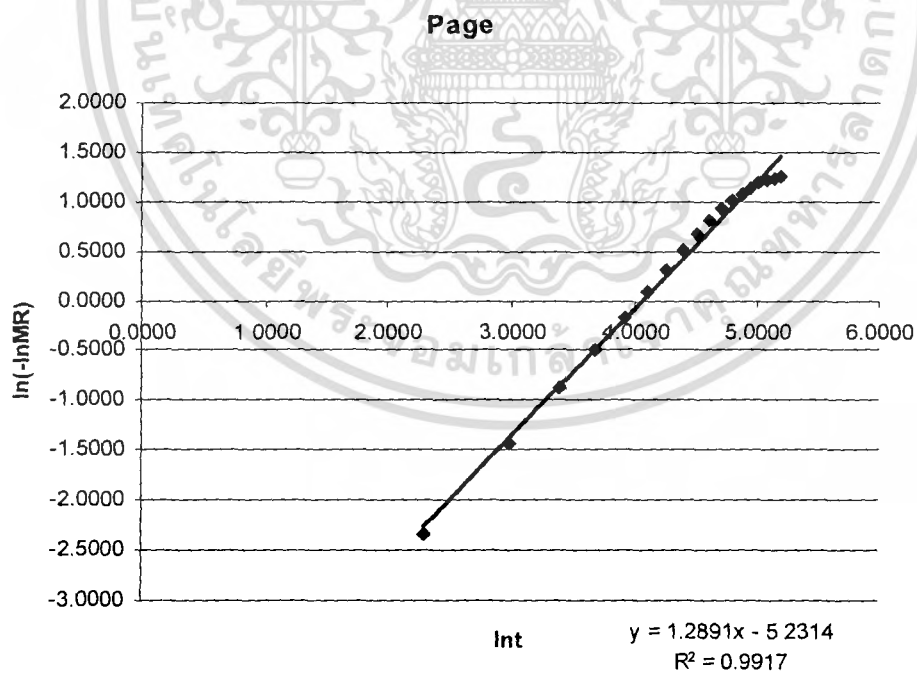
| time | MRav | lnMR | ln(-lnMR) | Int |
|------|--------|---------|-----------|--------|
| min | | | | |
| 0 | 1.0000 | 0.0000 | - | - |
| 10 | 0.9085 | -0.0960 | -2.3436 | 2.3026 |
| 20 | 0.7861 | -0.2407 | -1.4242 | 2.9957 |
| 30 | 0.6602 | -0.4152 | -0.8790 | 3.4012 |
| 40 | 0.5401 | -0.6160 | -0.4846 | 3.6889 |
| 50 | 0.4314 | -0.8408 | -0.1734 | 3.9120 |
| 60 | 0.3367 | -1.0885 | 0.0848 | 4.0943 |
| 70 | 0.2534 | -1.3728 | 0.3168 | 4.2485 |
| 80 | 0.1894 | -1.6639 | 0.5092 | 4.3820 |
| 90 | 0.1381 | -1.9797 | 0.6829 | 4.4998 |
| 100 | 0.1028 | -2.2745 | 0.8218 | 4.6052 |
| 110 | 0.0771 | -2.5630 | 0.9412 | 4.7005 |
| 120 | 0.0615 | -2.7894 | 1.0258 | 4.7875 |
| 130 | 0.0535 | -2.9288 | 1.0746 | 4.8675 |
| 140 | 0.0437 | -3.1302 | 1.1411 | 4.9416 |
| 150 | 0.0377 | -3.2790 | 1.1875 | 5.0106 |
| 160 | 0.0340 | -3.3804 | 1.2180 | 5.0752 |
| 170 | 0.0323 | -3.4327 | 1.2334 | 5.1358 |
| 180 | 0.0304 | -3.4934 | 1.2509 | 5.1930 |

ตารางที่ ข-14 ค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยลมร้อน 70 C ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

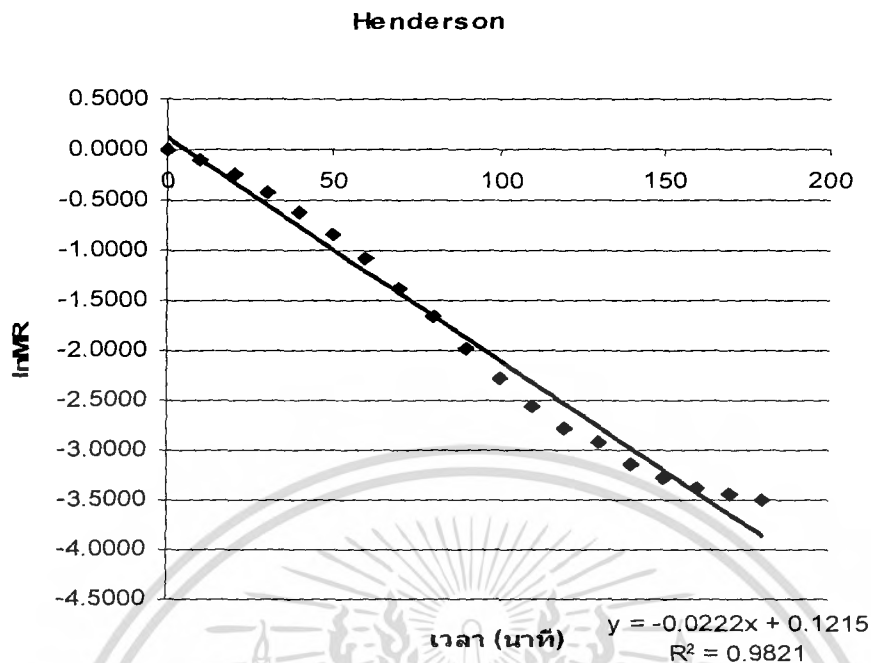


รูปที่ ข-15 แบบจำลอง Newton ของการทำแห้งด้วยลมร้อน 70 C



รูปที่ ข-16 แบบจำลอง Page ของการทำแห้งด้วยลมร้อน 70 C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-17 แบบจำลอง Henderson ของการทำแห้งด้วยลมร้อน 70 C

| | k | n | a |
|-----------|--------|--------|--------|
| Newton | 0.0212 | | |
| Page | 0.0053 | 1.2891 | |
| Henderson | 0.0222 | | 1.1292 |

ตารางที่ ข-18 ค่าคงที่ของแบบจำลองต่างๆ ในการทำแห้งด้วยลมร้อน 70 C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time | MRexp | MRpre | MRpre | MRpre | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² | (MRexp-Mrpre) ² | (MRexp-Mrpre) ² |
|------|--------|--------|--------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| min | | Newton | Page | Henderson | Newton | Page | Henderson | Newton | Page | Henderson |
| 0 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.1292 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0010 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0167 |
| 10 | 0.9085 | 0.1200 | 0.9020 | 0.9044 | 0.0345 | 0.0000 | 0.0000 | 0.6217 | 0.0000 | 0.0000 |
| 20 | 0.7861 | 0.0144 | 0.7772 | 0.7243 | 0.0331 | 0.0000 | 0.0002 | 0.5955 | 0.0001 | 0.0038 |
| 30 | 0.6602 | 0.0017 | 0.6537 | 0.5801 | 0.0241 | 0.0000 | 0.0004 | 0.4336 | 0.0000 | 0.0064 |
| 40 | 0.5401 | 0.0002 | 0.5402 | 0.4646 | 0.0162 | 0.0000 | 0.0003 | 0.2915 | 0.0000 | 0.0057 |
| 50 | 0.4314 | 0.0000 | 0.4399 | 0.3721 | 0.0103 | 0.0000 | 0.0002 | 0.1860 | 0.0001 | 0.0035 |
| 60 | 0.3367 | 0.0000 | 0.3539 | 0.2981 | 0.0063 | 0.0000 | 0.0001 | 0.1134 | 0.0003 | 0.0015 |
| 70 | 0.2534 | 0.0000 | 0.2817 | 0.2387 | 0.0036 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0642 | 0.0008 | 0.0002 |
| 80 | 0.1894 | 0.0000 | 0.2220 | 0.1912 | 0.0020 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0359 | 0.0011 | 0.0000 |
| 90 | 0.1381 | 0.0000 | 0.1735 | 0.1531 | 0.0011 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0191 | 0.0012 | 0.0002 |
| 100 | 0.1028 | 0.0000 | 0.1344 | 0.1226 | 0.0006 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0106 | 0.0010 | 0.0004 |
| 110 | 0.0771 | 0.0000 | 0.1034 | 0.0982 | 0.0003 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0059 | 0.0007 | 0.0004 |
| 120 | 0.0615 | 0.0000 | 0.0790 | 0.0787 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0038 | 0.0003 | 0.0003 |
| 130 | 0.0535 | 0.0000 | 0.0600 | 0.0630 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0029 | 0.0000 | 0.0001 |
| 140 | 0.0437 | 0.0000 | 0.0452 | 0.0505 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0019 | 0.0000 | 0.0000 |
| 150 | 0.0377 | 0.0000 | 0.0339 | 0.0404 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0014 | 0.0000 | 0.0000 |
| 160 | 0.0340 | 0.0000 | 0.0253 | 0.0324 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0012 | 0.0001 | 0.0000 |
| 170 | 0.0323 | 0.0000 | 0.0187 | 0.0259 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0010 | 0.0002 | 0.0000 |
| 180 | 0.0304 | 0.0000 | 0.0138 | 0.0208 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0009 | 0.0003 | 0.0001 |
| | | | | x ² | 0.1328 | 0.0004 | 0.0023 | | | |
| | | | | | | | RMSE | 0.3547 | 0.0181 | 0.0456 |

ตารางที่ ข-19 ค่าทางสถิติของการทำแห้งด้วยลมร้อน 70 C

initial MC = 72.08%

Hot air oven temp 80 C R1

plastic sheet wt = 544.83 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | drying rate |
|------|----------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 600.9600 | 56.1300 | 15.6715 | 40.4585 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 10 | 596.9200 | 52.0900 | 15.6715 | 36.4185 | 2.3239 | 0.9001 | 0.2578 |
| 20 | 591.2100 | 46.3800 | 15.6715 | 30.7085 | 1.9595 | 0.7590 | 0.3644 |
| 30 | 585.2100 | 40.3800 | 15.6715 | 24.7085 | 1.5767 | 0.6107 | 0.3829 |
| 40 | 580.0200 | 35.1900 | 15.6715 | 19.5185 | 1.2455 | 0.4824 | 0.3312 |
| 50 | 575.1200 | 30.2900 | 15.6715 | 14.6185 | 0.9328 | 0.3613 | 0.3127 |
| 60 | 571.1200 | 26.2900 | 15.6715 | 10.6185 | 0.6776 | 0.2625 | 0.2552 |
| 70 | 567.8800 | 23.0500 | 15.6715 | 7.3785 | 0.4708 | 0.1824 | 0.2067 |
| 80 | 565.4900 | 20.6600 | 15.6715 | 4.9885 | 0.3183 | 0.1233 | 0.1525 |
| 90 | 563.8700 | 19.0400 | 15.6715 | 3.3685 | 0.2149 | 0.0833 | 0.1034 |
| 100 | 562.8800 | 18.0500 | 15.6715 | 2.3785 | 0.1518 | 0.0588 | 0.0632 |
| 110 | 562.4000 | 17.5700 | 15.6715 | 1.8985 | 0.1211 | 0.0469 | 0.0306 |
| 120 | 562.0700 | 17.2400 | 15.6715 | 1.5685 | 0.1001 | 0.0388 | 0.0211 |
| 130 | 561.8300 | 17.0000 | 15.6715 | 1.3285 | 0.0848 | 0.0328 | 0.0153 |

ตารางที่ ข-20 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยลมร้อน 80 C ตัวอย่างที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

initial MC = 72.08%

Hot air oven temp 80 C R2

plastic sheet wt = 682.13 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | drying rate |
|------|----------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 738.5800 | 56.4500 | 15.7608 | 40.6892 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 10 | 734.6800 | 52.5500 | 15.7608 | 36.7892 | 2.3342 | 0.9042 | 0.2474 |
| 20 | 728.7200 | 46.5900 | 15.7608 | 30.8292 | 1.9561 | 0.7577 | 0.3782 |
| 30 | 722.4500 | 40.3200 | 15.7608 | 24.5592 | 1.5582 | 0.6036 | 0.3978 |
| 40 | 717.2000 | 35.0700 | 15.7608 | 19.3092 | 1.2251 | 0.4746 | 0.3331 |
| 50 | 712.4600 | 30.3300 | 15.7608 | 14.5692 | 0.9244 | 0.3581 | 0.3007 |
| 60 | 708.3000 | 26.1700 | 15.7608 | 10.4092 | 0.6604 | 0.2558 | 0.2639 |
| 70 | 704.5800 | 22.4500 | 15.7608 | 6.6892 | 0.4244 | 0.1644 | 0.2360 |
| 80 | 702.9700 | 20.8400 | 15.7608 | 5.0792 | 0.3223 | 0.1248 | 0.1022 |
| 90 | 701.3800 | 19.2500 | 15.7608 | 3.4892 | 0.2214 | 0.0858 | 0.1009 |
| 100 | 700.5300 | 18.4000 | 15.7608 | 2.6392 | 0.1675 | 0.0649 | 0.0539 |
| 110 | 699.9000 | 17.7700 | 15.7608 | 2.0092 | 0.1275 | 0.0494 | 0.0400 |
| 120 | 699.4900 | 17.3600 | 15.7608 | 1.5992 | 0.1015 | 0.0393 | 0.0260 |
| 130 | 699.2800 | 17.1500 | 15.7608 | 1.3892 | 0.0881 | 0.0341 | 0.0133 |

ตารางที่ ข-21 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยลมร้อน 80 C ตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

initial MC = 72.08%

Hot air oven temp 80 C R3

plastic sheet wt = 566.64 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | drying rate |
|------|----------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 623.0800 | 56.4400 | 15.7580 | 40.6820 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 10 | 619.9600 | 53.3200 | 15.7580 | 37.5620 | 2.3837 | 0.9233 | 0.1980 |
| 20 | 614.8400 | 48.2000 | 15.7580 | 32.4420 | 2.0588 | 0.7975 | 0.3249 |
| 30 | 609.7800 | 43.1400 | 15.7580 | 27.3820 | 1.7376 | 0.6731 | 0.3211 |
| 40 | 605.0100 | 38.3700 | 15.7580 | 22.6120 | 1.4349 | 0.5558 | 0.3027 |
| 50 | 600.5000 | 33.8600 | 15.7580 | 18.1020 | 1.1487 | 0.4450 | 0.2862 |
| 60 | 596.8300 | 30.1900 | 15.7580 | 14.4320 | 0.9158 | 0.3548 | 0.2329 |
| 70 | 593.6600 | 27.0200 | 15.7580 | 11.2620 | 0.7147 | 0.2768 | 0.2012 |
| 80 | 591.2700 | 24.6300 | 15.7580 | 8.8720 | 0.5630 | 0.2181 | 0.1517 |
| 90 | 589.3400 | 22.7000 | 15.7580 | 6.9420 | 0.4405 | 0.1706 | 0.1225 |
| 100 | 587.9800 | 21.3400 | 15.7580 | 5.5820 | 0.3542 | 0.1372 | 0.0863 |
| 110 | 586.9800 | 20.3400 | 15.7580 | 4.5820 | 0.2908 | 0.1126 | 0.0635 |
| 120 | 586.2800 | 19.6400 | 15.7580 | 3.8820 | 0.2463 | 0.0954 | 0.0444 |
| 130 | 585.7700 | 19.1300 | 15.7580 | 3.3720 | 0.2140 | 0.0829 | 0.0324 |

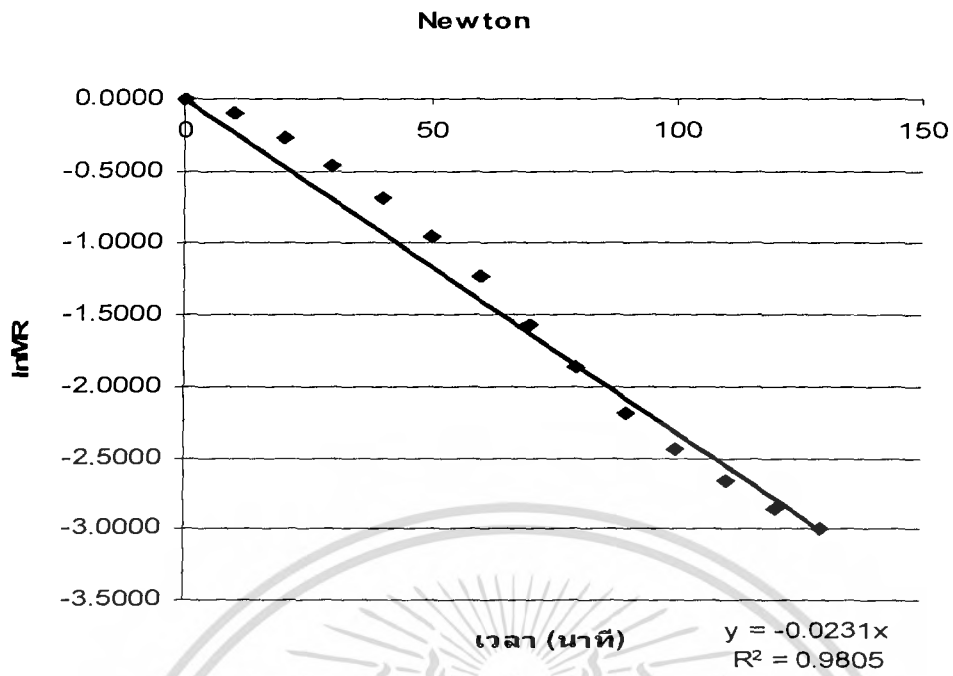
ตารางที่ ข-22 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยลมร้อน 80 C ตัวอย่างที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

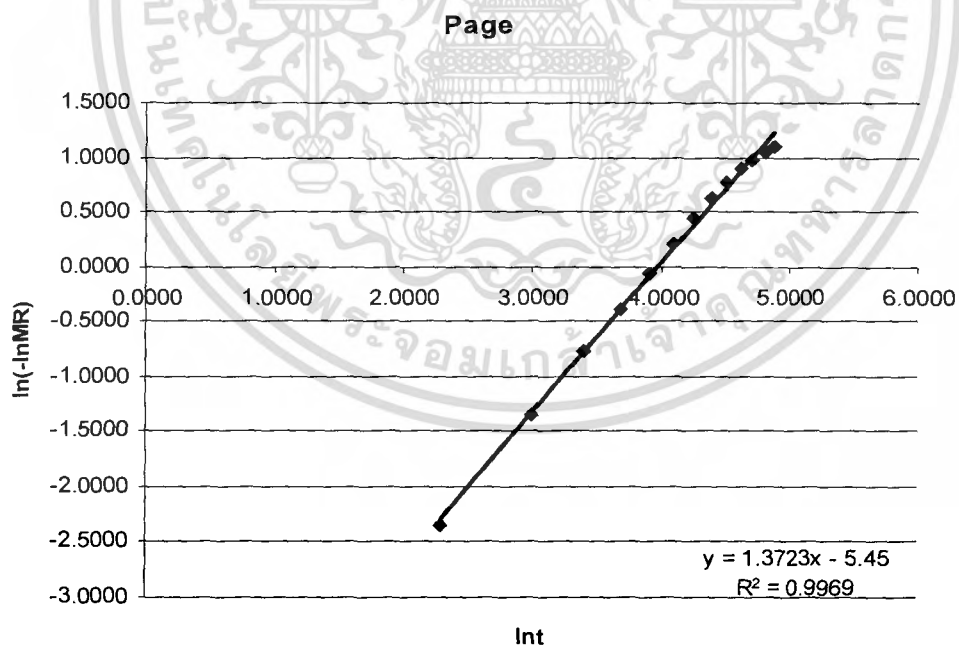
| time | MRav | lnMR | ln(-lnMR) | Int |
|------|--------|---------|-----------|--------|
| min | | | | |
| 0 | 1.0000 | 0.0000 | - | - |
| 10 | 0.9092 | -0.0952 | -2.3519 | 2.3026 |
| 20 | 0.7714 | -0.2596 | -1.3487 | 2.9957 |
| 30 | 0.6291 | -0.4634 | -0.7691 | 3.4012 |
| 40 | 0.5043 | -0.6846 | -0.3789 | 3.6889 |
| 50 | 0.3881 | -0.9465 | -0.0550 | 3.9120 |
| 60 | 0.2910 | -1.2344 | 0.2106 | 4.0943 |
| 70 | 0.2079 | -1.5709 | 0.4516 | 4.2485 |
| 80 | 0.1554 | -1.8617 | 0.6215 | 4.3820 |
| 90 | 0.1132 | -2.1785 | 0.7786 | 4.4998 |
| 100 | 0.0870 | -2.4424 | 0.8930 | 4.6052 |
| 110 | 0.0696 | -2.6644 | 0.9800 | 4.7005 |
| 120 | 0.0578 | -2.8502 | 1.0474 | 4.7875 |
| 130 | 0.0500 | -2.9966 | 1.0975 | 4.8675 |

ตารางที่ ข-23 ค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยลมร้อน 80 C ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

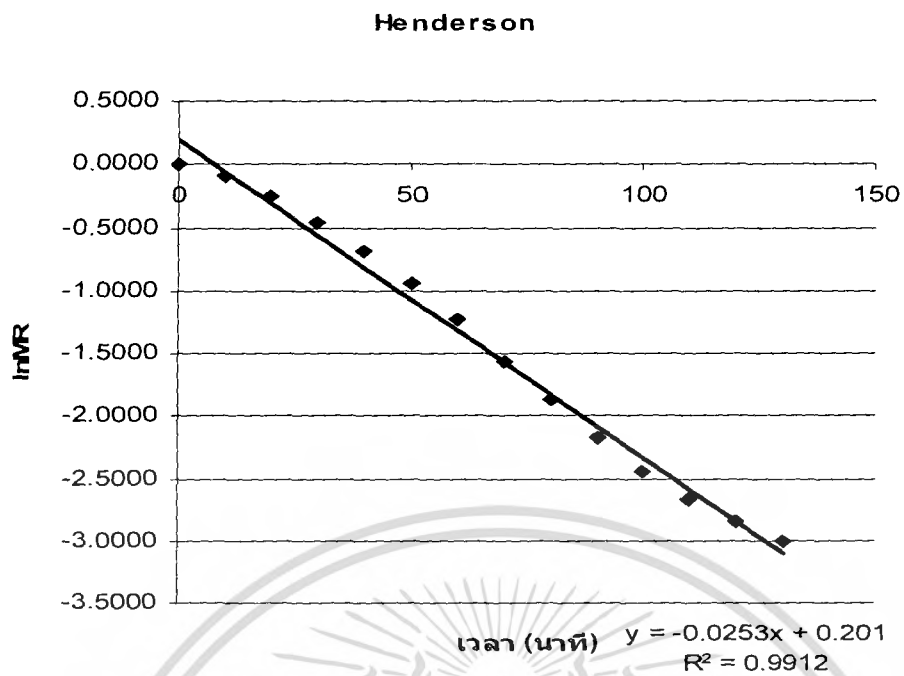


รูปที่ ข-24 แบบจำลอง Newton ของการทำแห้งด้วยลมร้อน 80 C



รูปที่ ข-25 แบบจำลอง Page ของการทำแห้งด้วยลมร้อน 80 C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-26 แบบจำลอง Henderson ของการทำแห้งด้วยลมร้อน 80 C

| | k | n | a |
|-----------|--------|--------|--------|
| Newton | 0.0231 | | |
| Page | 0.0043 | 1.3723 | |
| Henderson | 0.0253 | | 1.2226 |

ตารางที่ ข-27 ค่าคงที่ของแบบจำลองต่างๆ ในการทำแห้งด้วยลมร้อน 80 C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time | MRexp | MRpre | MRpre | MRpre | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² | (MRexp-Mrpre) ² | (MRexp-Mrpre) ² |
|------|--------|--------|--------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| min | | Newton | Page | Henderson | Newton | Page | Henderson | Newton | Page | Henderson |
| 0 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.2226 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0041 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0496 |
| 10 | 0.9092 | 0.7937 | 0.9036 | 0.9493 | 0.0010 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0133 | 0.0000 | 0.0016 |
| 20 | 0.7714 | 0.6300 | 0.7692 | 0.7371 | 0.0015 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0200 | 0.0000 | 0.0012 |
| 30 | 0.6291 | 0.5001 | 0.6328 | 0.5723 | 0.0013 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0167 | 0.0000 | 0.0032 |
| 40 | 0.5043 | 0.3969 | 0.5070 | 0.4444 | 0.0009 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0115 | 0.0000 | 0.0036 |
| 50 | 0.3881 | 0.3151 | 0.3975 | 0.3451 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0053 | 0.0001 | 0.0019 |
| 60 | 0.2910 | 0.2501 | 0.3058 | 0.2679 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0017 | 0.0002 | 0.0005 |
| 70 | 0.2079 | 0.1985 | 0.2313 | 0.2080 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0006 | 0.0000 |
| 80 | 0.1554 | 0.1576 | 0.1723 | 0.1615 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0000 |
| 90 | 0.1132 | 0.1251 | 0.1266 | 0.1254 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0001 |
| 100 | 0.0870 | 0.0993 | 0.0918 | 0.0974 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0001 |
| 110 | 0.0696 | 0.0788 | 0.0657 | 0.0756 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 |
| 120 | 0.0578 | 0.0625 | 0.0466 | 0.0587 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 |
| 130 | 0.0500 | 0.0496 | 0.0326 | 0.0456 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0000 |
| | | | | x ² | 0.0053 | 0.0002 | 0.0052 | | | |
| | | | | | | | RMSE | 0.0702 | 0.0115 | 0.0665 |

ตารางที่ ข-28 ค่าทางสถิติของการทำแห้งด้วยลมร้อน 80 C

initial MC = 72.08%

Microwave 180 W RI

Plastic sheet wt = 482.06 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | Drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 536.95 | 54.89 | 15.3253 | 39.5647 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 1 | 535.79 | 53.73 | 15.3253 | 38.4047 | 2.5060 | 0.9707 | 0.0757 |
| 2 | 533.76 | 51.7 | 15.3253 | 36.3747 | 2.3735 | 0.9194 | 0.1325 |
| 3 | 531.32 | 49.26 | 15.3253 | 33.9347 | 2.2143 | 0.8577 | 0.1592 |
| 4 | 528.77 | 46.71 | 15.3253 | 31.3847 | 2.0479 | 0.7933 | 0.1664 |
| 5 | 526.2 | 44.14 | 15.3253 | 28.8147 | 1.8802 | 0.7283 | 0.1677 |
| 6 | 523.89 | 41.83 | 15.3253 | 26.5047 | 1.7295 | 0.6699 | 0.1507 |
| 7 | 521.43 | 39.37 | 15.3253 | 24.0447 | 1.5690 | 0.6077 | 0.1605 |
| 8 | 518.94 | 36.88 | 15.3253 | 21.5547 | 1.4065 | 0.5448 | 0.1625 |
| 9 | 516.59 | 34.53 | 15.3253 | 19.2047 | 1.2531 | 0.4854 | 0.1533 |
| 10 | 514.7 | 32.64 | 15.3253 | 17.3147 | 1.1298 | 0.4376 | 0.1233 |
| 11 | 512.61 | 30.55 | 15.3253 | 15.2247 | 0.9934 | 0.3848 | 0.1364 |
| 12 | 510.23 | 28.17 | 15.3253 | 12.8447 | 0.8381 | 0.3247 | 0.1553 |
| 13 | 508.2 | 26.14 | 15.3253 | 10.8147 | 0.7057 | 0.2733 | 0.1325 |
| 14 | 506 | 23.94 | 15.3253 | 8.6147 | 0.5621 | 0.2177 | 0.1436 |
| 15 | 503.77 | 21.71 | 15.3253 | 6.3847 | 0.4166 | 0.1614 | 0.1455 |
| 16 | 501.75 | 19.69 | 15.3253 | 4.3647 | 0.2848 | 0.1103 | 0.1318 |
| 17 | 500.03 | 17.97 | 15.3253 | 2.6447 | 0.1726 | 0.0668 | 0.1122 |
| 18 | 499.29 | 17.23 | 15.3253 | 1.9047 | 0.1243 | 0.0481 | 0.0483 |
| 19 | 499.05 | 16.99 | 15.3253 | 1.6647 | 0.1086 | 0.0421 | 0.0157 |
| 20 | 498.88 | 16.82 | 15.3253 | 1.4947 | 0.0975 | 0.0378 | 0.0111 |
| 21 | 498.82 | 16.76 | 15.3253 | 1.4347 | 0.0936 | 0.0363 | 0.0039 |
| 22 | 498.75 | 16.69 | 15.3253 | 1.3647 | 0.0890 | 0.0345 | 0.0046 |
| 23 | 498.69 | 16.63 | 15.3253 | 1.3047 | 0.0851 | 0.0330 | 0.0039 |

ตารางที่ ข-29 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 180 วัตต์ ตัวอย่างที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

initial MC = 72.08%

Microwave 180 W R2

Plastic sheet wt = 482.06 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | Drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|----------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ / gdrymatter | | |
| 0 | 536.98 | 54.92 | 15.3337 | 39.5863 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 1 | 535.68 | 53.62 | 15.3337 | 38.2863 | 2.4969 | 0.9672 | 0.0848 |
| 2 | 533.44 | 51.38 | 15.3337 | 36.0463 | 2.3508 | 0.9106 | 0.1461 |
| 3 | 531.09 | 49.03 | 15.3337 | 33.6963 | 2.1975 | 0.8512 | 0.1533 |
| 4 | 528.4 | 46.34 | 15.3337 | 31.0063 | 2.0221 | 0.7833 | 0.1754 |
| 5 | 526 | 43.94 | 15.3337 | 28.6063 | 1.8656 | 0.7226 | 0.1565 |
| 6 | 523.62 | 41.56 | 15.3337 | 26.2263 | 1.7104 | 0.6625 | 0.1552 |
| 7 | 521.32 | 39.26 | 15.3337 | 23.9263 | 1.5604 | 0.6044 | 0.1500 |
| 8 | 519.06 | 37 | 15.3337 | 21.6663 | 1.4130 | 0.5473 | 0.1474 |
| 9 | 516.72 | 34.66 | 15.3337 | 19.3263 | 1.2604 | 0.4882 | 0.1526 |
| 10 | 514.31 | 32.25 | 15.3337 | 16.9163 | 1.1032 | 0.4273 | 0.1572 |
| 11 | 512.04 | 29.98 | 15.3337 | 14.6463 | 0.9552 | 0.3700 | 0.1480 |
| 12 | 509.73 | 27.67 | 15.3337 | 12.3363 | 0.8045 | 0.3116 | 0.1506 |
| 13 | 507.4 | 25.34 | 15.3337 | 10.0063 | 0.6526 | 0.2528 | 0.1520 |
| 14 | 505.22 | 23.16 | 15.3337 | 7.8263 | 0.5104 | 0.1977 | 0.1422 |
| 15 | 503.11 | 21.05 | 15.3337 | 5.7163 | 0.3728 | 0.1444 | 0.1376 |
| 16 | 500.98 | 18.92 | 15.3337 | 3.5863 | 0.2339 | 0.0906 | 0.1389 |
| 17 | 499.59 | 17.53 | 15.3337 | 2.1963 | 0.1432 | 0.0555 | 0.0907 |
| 18 | 499.1 | 17.04 | 15.3337 | 1.7063 | 0.1113 | 0.0431 | 0.0320 |
| 19 | 498.92 | 16.86 | 15.3337 | 1.5263 | 0.0995 | 0.0386 | 0.0117 |
| 20 | 498.83 | 16.77 | 15.3337 | 1.4363 | 0.0937 | 0.0363 | 0.0059 |
| 21 | 498.69 | 16.63 | 15.3337 | 1.2963 | 0.0845 | 0.0327 | 0.0091 |
| 22 | 498.67 | 16.61 | 15.3337 | 1.2763 | 0.0832 | 0.0322 | 0.0013 |
| 23 | 498.65 | 16.59 | 15.3337 | 1.2563 | 0.0819 | 0.0317 | 0.0013 |

ตารางที่ ข-29 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 180 วัตต์ ตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

initial MC = 72.08%

Microwave 180 W R3

Plastic sheet wt = 482.22 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | Drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 537.21 | 54.99 | 15.3979 | 39.5921 | 2.5713 | 0.9960 | 0.0000 |
| 1 | 536.05 | 53.83 | 15.3979 | 38.4321 | 2.4959 | 0.9668 | 0.0753 |
| 2 | 534 | 51.78 | 15.3979 | 36.3821 | 2.3628 | 0.9152 | 0.1331 |
| 3 | 531.66 | 49.44 | 15.3979 | 34.0421 | 2.2108 | 0.8564 | 0.1520 |
| 4 | 529.2 | 46.98 | 15.3979 | 31.5821 | 2.0511 | 0.7945 | 0.1598 |
| 5 | 526.71 | 44.49 | 15.3979 | 29.0921 | 1.8894 | 0.7318 | 0.1617 |
| 6 | 524.28 | 42.06 | 15.3979 | 26.6621 | 1.7315 | 0.6707 | 0.1578 |
| 7 | 521.89 | 39.67 | 15.3979 | 24.2721 | 1.5763 | 0.6106 | 0.1552 |
| 8 | 519.44 | 37.22 | 15.3979 | 21.8221 | 1.4172 | 0.5490 | 0.1591 |
| 9 | 517.07 | 34.85 | 15.3979 | 19.4521 | 1.2633 | 0.4893 | 0.1539 |
| 10 | 514.77 | 32.55 | 15.3979 | 17.1521 | 1.1139 | 0.4315 | 0.1494 |
| 11 | 512.48 | 30.26 | 15.3979 | 14.8621 | 0.9652 | 0.3739 | 0.1487 |
| 12 | 510.34 | 28.12 | 15.3979 | 12.7221 | 0.8262 | 0.3200 | 0.1390 |
| 13 | 508.26 | 26.04 | 15.3979 | 10.6421 | 0.6911 | 0.2677 | 0.1351 |
| 14 | 505.92 | 23.7 | 15.3979 | 8.3021 | 0.5392 | 0.2088 | 0.1520 |
| 15 | 503.73 | 21.51 | 15.3979 | 6.1121 | 0.3969 | 0.1538 | 0.1422 |
| 16 | 501.64 | 19.42 | 15.3979 | 4.0221 | 0.2612 | 0.1012 | 0.1357 |
| 17 | 500.01 | 17.79 | 15.3979 | 2.3921 | 0.1554 | 0.0602 | 0.1059 |
| 18 | 499.35 | 17.13 | 15.3979 | 1.7321 | 0.1125 | 0.0436 | 0.0429 |
| 19 | 499.15 | 16.93 | 15.3979 | 1.5321 | 0.0995 | 0.0385 | 0.0130 |
| 20 | 499.01 | 16.79 | 15.3979 | 1.3921 | 0.0904 | 0.0350 | 0.0091 |
| 21 | 498.94 | 16.72 | 15.3979 | 1.3221 | 0.0859 | 0.0333 | 0.0045 |
| 22 | 498.87 | 16.65 | 15.3979 | 1.2521 | 0.0813 | 0.0315 | 0.0045 |
| 23 | 498.86 | 16.64 | 15.3979 | 1.2421 | 0.0807 | 0.0312 | 0.0006 |

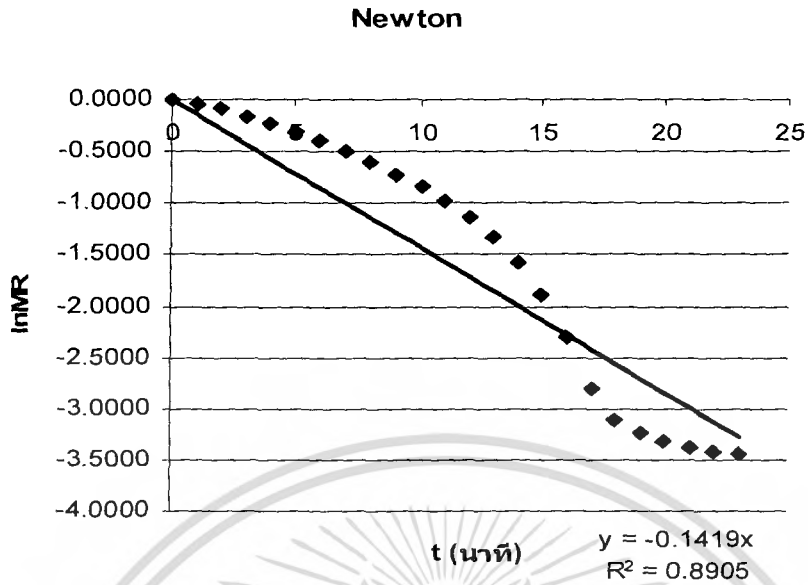
ตารางที่ ข-29 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 180 วัตต์ ตัวอย่างที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

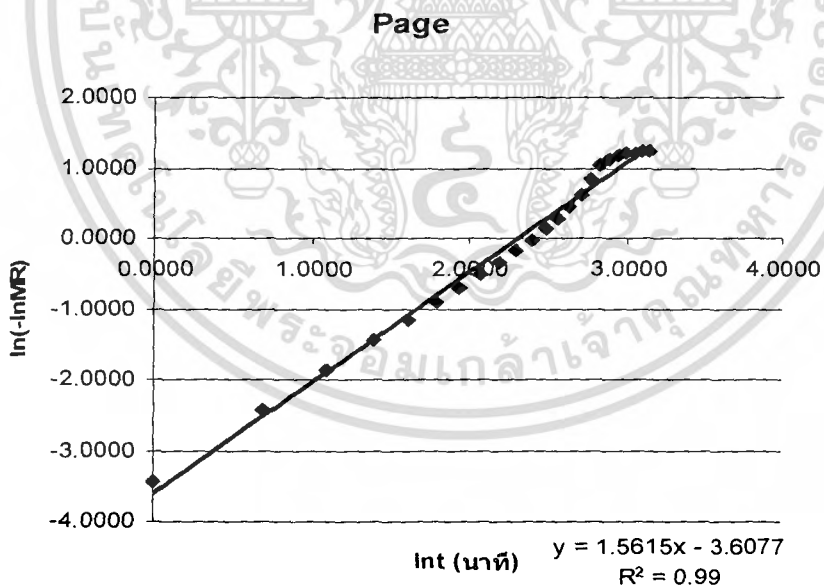
| time | MRav | lnMR | ln(-lnMR) | Int |
|------|--------|---------|-----------|--------|
| min | | | | |
| 0 | 0.9987 | 0.0000 | - | - |
| 1 | 0.9682 | -0.0323 | -3.4326 | 0.0000 |
| 2 | 0.9151 | -0.0888 | -2.4217 | 0.6931 |
| 3 | 0.8551 | -0.1565 | -1.8544 | 1.0986 |
| 4 | 0.7903 | -0.2353 | -1.4469 | 1.3863 |
| 5 | 0.7276 | -0.3180 | -1.1456 | 1.6094 |
| 6 | 0.6677 | -0.4039 | -0.9066 | 1.7918 |
| 7 | 0.6076 | -0.4983 | -0.6966 | 1.9459 |
| 8 | 0.5470 | -0.6033 | -0.5054 | 2.0794 |
| 9 | 0.4876 | -0.7182 | -0.3311 | 2.1972 |
| 10 | 0.4321 | -0.8390 | -0.1756 | 2.3026 |
| 11 | 0.3762 | -0.9776 | -0.0227 | 2.3979 |
| 12 | 0.3188 | -1.1433 | 0.1339 | 2.4849 |
| 13 | 0.2646 | -1.3295 | 0.2848 | 2.5649 |
| 14 | 0.2081 | -1.5698 | 0.4509 | 2.6391 |
| 15 | 0.1532 | -1.8762 | 0.6292 | 2.7081 |
| 16 | 0.1007 | -2.2956 | 0.8310 | 2.7726 |
| 17 | 0.0608 | -2.7996 | 1.0295 | 2.8332 |
| 18 | 0.0449 | -3.1024 | 1.1322 | 2.8904 |
| 19 | 0.0397 | -3.2258 | 1.1712 | 2.9444 |
| 20 | 0.0364 | -3.3143 | 1.1982 | 2.9957 |
| 21 | 0.0341 | -3.3788 | 1.2175 | 3.0445 |
| 22 | 0.0327 | -3.4190 | 1.2294 | 3.0910 |
| 23 | 0.0320 | -3.4424 | 1.2362 | 3.1355 |

ตารางที่ ข-30 ค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 180 วัตต์ ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



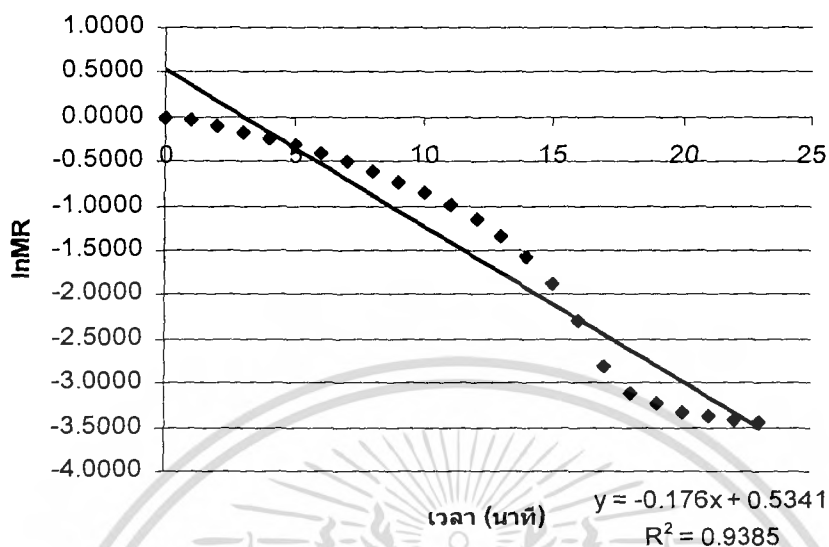
รูปที่ ข-31 แบบจำลอง Newton ของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 180 วัตต์



รูปที่ ข-32 แบบจำลอง Page ของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 180 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Henderson



รูปที่ ข-33 แบบจำลอง Henderson ของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 180 วัตต์

| | k | n | a |
|-----------|--------|--------|--------|
| Newton | 0.1419 | | |
| Page | 0.0273 | 1.5615 | |
| Henderson | 0.1760 | | 1.7059 |

ตารางที่ ข-34 ค่าคงที่ของแบบจำลองต่างๆ ในการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 180 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time | MRexp | MRpre | MRpre | MRpre | $(MRexp-Mrpre)^2/N-z$ | $(MRexp-Mrpre)^2/N-z$ | $(MRexp-Mrpre)^2/N-z$ | $(MRexp-Mrpre)^2$ | $(MRexp-Mrpre)^2$ | $(MRexp-Mrpre)^2$ |
|------|--------|--------|--------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| min | | Newton | Page | Henderson | Newton | Page | Henderson | Newton | Page | Henderson |
| 0 | 0.9987 | 1.0000 | 1.0000 | 1.7059 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0227 | 0.0000 | 0.0000 | 0.5002 |
| 1 | 0.9682 | 0.8688 | 0.9731 | 1.4306 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0097 | 0.0099 | 0.0000 | 0.2138 |
| 2 | 0.9151 | 0.7549 | 0.9226 | 1.1997 | 0.0011 | 0.0000 | 0.0037 | 0.0257 | 0.0001 | 0.0810 |
| 3 | 0.8551 | 0.6559 | 0.8592 | 1.0061 | 0.0017 | 0.0000 | 0.0010 | 0.0397 | 0.0000 | 0.0228 |
| 4 | 0.7903 | 0.5698 | 0.7883 | 0.8437 | 0.0021 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0486 | 0.0000 | 0.0029 |
| 5 | 0.7276 | 0.4951 | 0.7139 | 0.7076 | 0.0024 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0541 | 0.0002 | 0.0004 |
| 6 | 0.6677 | 0.4302 | 0.6389 | 0.5934 | 0.0025 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0564 | 0.0008 | 0.0055 |
| 7 | 0.6076 | 0.3737 | 0.5656 | 0.4976 | 0.0024 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0547 | 0.0018 | 0.0121 |
| 8 | 0.5470 | 0.3247 | 0.4956 | 0.4173 | 0.0021 | 0.0001 | 0.0008 | 0.0494 | 0.0026 | 0.0168 |
| 9 | 0.4876 | 0.2821 | 0.4301 | 0.3500 | 0.0018 | 0.0002 | 0.0009 | 0.0422 | 0.0033 | 0.0190 |
| 10 | 0.4321 | 0.2451 | 0.3699 | 0.2935 | 0.0015 | 0.0002 | 0.0009 | 0.0350 | 0.0039 | 0.0192 |
| 11 | 0.3762 | 0.2130 | 0.3153 | 0.2461 | 0.0012 | 0.0002 | 0.0008 | 0.0267 | 0.0037 | 0.0169 |
| 12 | 0.3188 | 0.1850 | 0.2665 | 0.2064 | 0.0008 | 0.0001 | 0.0006 | 0.0179 | 0.0027 | 0.0126 |
| 13 | 0.2646 | 0.1608 | 0.2235 | 0.1731 | 0.0005 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0108 | 0.0017 | 0.0084 |
| 14 | 0.2081 | 0.1397 | 0.1860 | 0.1452 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0047 | 0.0005 | 0.0040 |
| 15 | 0.1532 | 0.1214 | 0.1536 | 0.1217 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0010 | 0.0000 | 0.0010 |
| 16 | 0.1007 | 0.1054 | 0.1259 | 0.1021 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0006 | 0.0000 |
| 17 | 0.0608 | 0.0916 | 0.1025 | 0.0856 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0009 | 0.0017 | 0.0006 |
| 18 | 0.0449 | 0.0796 | 0.0829 | 0.0718 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0012 | 0.0014 | 0.0007 |
| 19 | 0.0397 | 0.0692 | 0.0666 | 0.0602 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0009 | 0.0007 | 0.0004 |
| 20 | 0.0364 | 0.0601 | 0.0531 | 0.0505 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0006 | 0.0003 | 0.0002 |
| 21 | 0.0341 | 0.0522 | 0.0421 | 0.0423 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0001 | 0.0001 |
| 22 | 0.0327 | 0.0454 | 0.0331 | 0.0355 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 |
| 23 | 0.0320 | 0.0394 | 0.0259 | 0.0298 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 |
| | | | | x^2 | 0.0209 | 0.0012 | 0.0427 | | | |
| | | | | | | | RMSE | 0.1415 | 0.0331 | 0.1978 |

ตารางที่ ข-35 ค่าทางสถิติของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 180 วัตต์

initial MC = 72.08%

Microwave 360 W R1

Plastic sheet wt = 482.09 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | Drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 537.05 | 54.96 | 15.3448 | 39.6152 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 1 | 534.23 | 52.14 | 15.3448 | 36.7952 | 2.3979 | 0.9288 | 0.1838 |
| 2 | 529.97 | 47.88 | 15.3448 | 32.5352 | 2.1203 | 0.8213 | 0.2776 |
| 3 | 525.4 | 43.31 | 15.3448 | 27.9652 | 1.8224 | 0.7059 | 0.2978 |
| 4 | 520.88 | 38.79 | 15.3448 | 23.4452 | 1.5279 | 0.5918 | 0.2946 |
| 5 | 516.56 | 34.47 | 15.3448 | 19.1252 | 1.2464 | 0.4828 | 0.2815 |
| 6 | 512.56 | 30.47 | 15.3448 | 15.1252 | 0.9857 | 0.3818 | 0.2607 |
| 7 | 508.69 | 26.6 | 15.3448 | 11.2552 | 0.7335 | 0.2841 | 0.2522 |
| 8 | 504.84 | 22.75 | 15.3448 | 7.4052 | 0.4826 | 0.1869 | 0.2509 |
| 9 | 501.01 | 18.92 | 15.3448 | 3.5752 | 0.2330 | 0.0902 | 0.2496 |
| 10 | 499.55 | 17.46 | 15.3448 | 2.1152 | 0.1378 | 0.0534 | 0.0951 |
| 11 | 499.1 | 17.01 | 15.3448 | 1.6652 | 0.1085 | 0.0420 | 0.0293 |
| 12 | 498.75 | 16.66 | 15.3448 | 1.3152 | 0.0857 | 0.0332 | 0.0228 |

ตารางที่ ข-36 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 360 วัตต์ ตัวอย่างที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

initial MC = 72.08%

Microwave 360 W R2

Plastic sheet wt = 482.21 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | Drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 537.21 | 55 | 15.3560 | 39.6440 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 1 | 534.41 | 52.2 | 15.3560 | 36.8440 | 2.3993 | 0.9294 | 0.1823 |
| 2 | 530.22 | 48.01 | 15.3560 | 32.6540 | 2.1265 | 0.8237 | 0.2729 |
| 3 | 525.78 | 43.57 | 15.3560 | 28.2140 | 1.8373 | 0.7117 | 0.2891 |
| 4 | 521.44 | 39.23 | 15.3560 | 23.8740 | 1.5547 | 0.6022 | 0.2826 |
| 5 | 517.35 | 35.14 | 15.3560 | 19.7840 | 1.2884 | 0.4990 | 0.2663 |
| 6 | 513.3 | 31.09 | 15.3560 | 15.7340 | 1.0246 | 0.3969 | 0.2637 |
| 7 | 509.4 | 27.19 | 15.3560 | 11.8340 | 0.7706 | 0.2985 | 0.2540 |
| 8 | 505.45 | 23.24 | 15.3560 | 7.8840 | 0.5134 | 0.1989 | 0.2572 |
| 9 | 501.55 | 19.34 | 15.3560 | 3.9840 | 0.2594 | 0.1005 | 0.2540 |
| 10 | 499.75 | 17.54 | 15.3560 | 2.1840 | 0.1422 | 0.0551 | 0.1172 |
| 11 | 498.93 | 16.72 | 15.3560 | 1.3640 | 0.0888 | 0.0344 | 0.0534 |
| 12 | 498.8 | 16.59 | 15.3560 | 1.2340 | 0.0804 | 0.0311 | 0.0085 |

ตารางที่ ข-37 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 360 วัตต์ ตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

initial MC = 72.08%

Microwave 360 W R3

Plastic sheet wt = 482.16 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | Drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 537.17 | 55.01 | 15.3588 | 39.6512 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 1 | 534.18 | 52.02 | 15.3588 | 36.6612 | 2.3870 | 0.9246 | 0.1947 |
| 2 | 529.88 | 47.72 | 15.3588 | 32.3612 | 2.1070 | 0.8161 | 0.2800 |
| 3 | 525.39 | 43.23 | 15.3588 | 27.8712 | 1.8147 | 0.7029 | 0.2923 |
| 4 | 521.08 | 38.92 | 15.3588 | 23.5612 | 1.5341 | 0.5942 | 0.2806 |
| 5 | 516.88 | 34.72 | 15.3588 | 19.3612 | 1.2606 | 0.4883 | 0.2735 |
| 6 | 512.96 | 30.8 | 15.3588 | 15.4412 | 1.0054 | 0.3894 | 0.2552 |
| 7 | 509.12 | 26.96 | 15.3588 | 11.6012 | 0.7553 | 0.2926 | 0.2500 |
| 8 | 505.28 | 23.12 | 15.3588 | 7.7612 | 0.5053 | 0.1957 | 0.2500 |
| 9 | 501.46 | 19.3 | 15.3588 | 3.9412 | 0.2566 | 0.0994 | 0.2487 |
| 10 | 499.27 | 17.11 | 15.3588 | 1.7512 | 0.1140 | 0.0442 | 0.1426 |
| 11 | 498.87 | 16.71 | 15.3588 | 1.3512 | 0.0880 | 0.0341 | 0.0260 |
| 12 | 498.76 | 16.6 | 15.3588 | 1.2412 | 0.0808 | 0.0313 | 0.0072 |

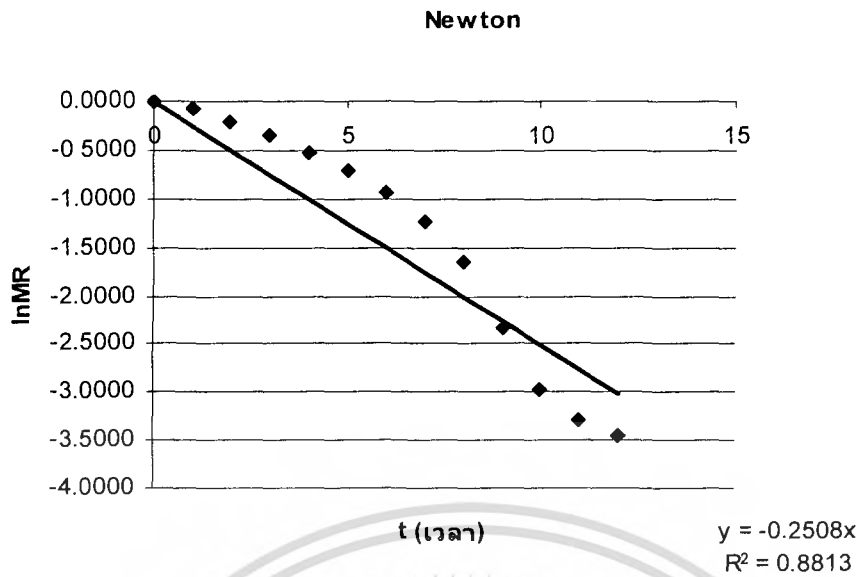
ตารางที่ ข-38 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 360 วัตต์ ตัวอย่างที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

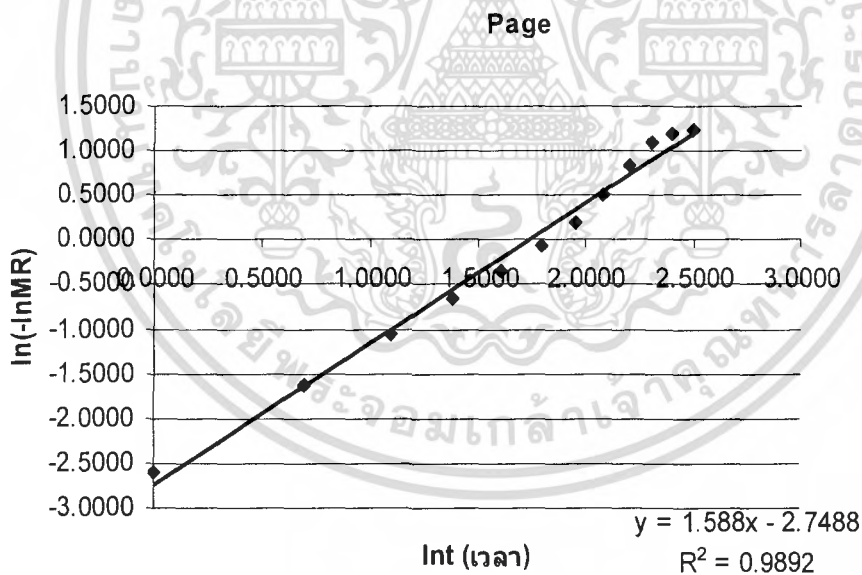
| time | MRav | lnMR | ln(-lnMR) | Int |
|------|--------|---------|-----------|--------|
| min | | | | |
| 0 | 1.0000 | 0.0000 | - | - |
| 1 | 0.9276 | -0.0752 | -2.5881 | 0.0000 |
| 2 | 0.8204 | -0.1980 | -1.6195 | 0.6931 |
| 3 | 0.7068 | -0.3470 | -1.0586 | 1.0986 |
| 4 | 0.5961 | -0.5174 | -0.6590 | 1.3863 |
| 5 | 0.4900 | -0.7133 | -0.3379 | 1.6094 |
| 6 | 0.3894 | -0.9432 | -0.0585 | 1.7918 |
| 7 | 0.2917 | -1.2319 | 0.2086 | 1.9459 |
| 8 | 0.1938 | -1.6407 | 0.4951 | 2.0794 |
| 9 | 0.0967 | -2.3360 | 0.8484 | 2.1972 |
| 10 | 0.0509 | -2.9782 | 1.0913 | 2.3026 |
| 11 | 0.0368 | -3.3012 | 1.1943 | 2.3979 |
| 12 | 0.0319 | -3.4459 | 1.2372 | 2.4849 |

ตารางที่ ข-39 ค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 360 วัตต์ ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

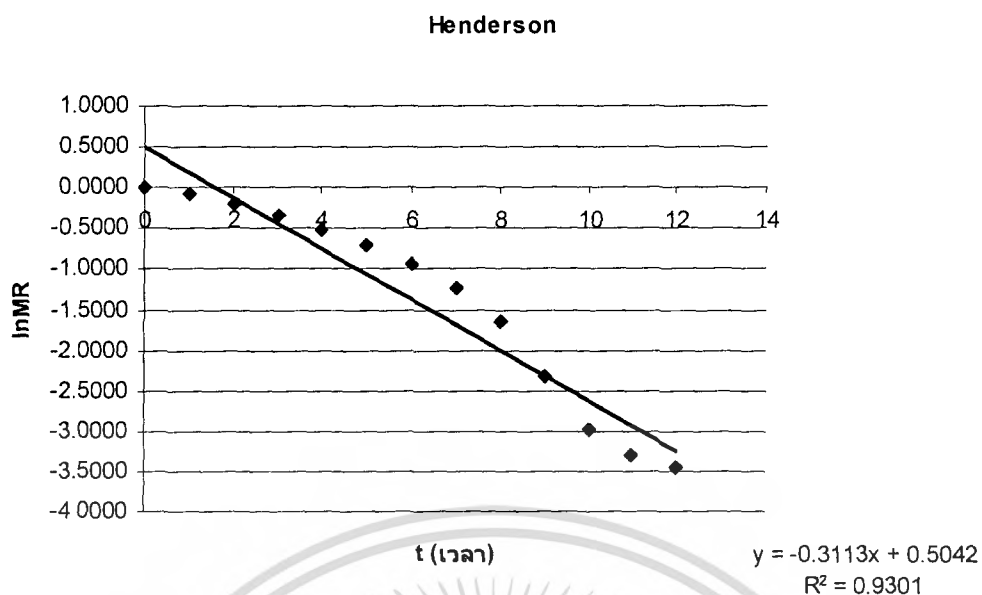


รูปที่ ข-40 แบบจำลอง Newton ของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 360 วัตต์



รูปที่ ข-41 แบบจำลอง Page ของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 360 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-42 แบบจำลอง Henderson ของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 360 วัตต์

| | k | n | a |
|-----------|--------|--------|--------|
| Newton | 0.2508 | | |
| Page | 0.0640 | 1.5880 | |
| Henderson | 0.3113 | | 1.6557 |

ตารางที่ ข-43 ค่าคงที่ของแบบจำลองต่างๆ ในการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 360 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time | MRexp | MRpre | MRpre | MRpre | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² | (MRexp-Mrpre) ² | (MRexp-Mrpre) ² |
|------|--------|--------|--------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| min | | Newton | Page | Henderson | Newton | Page | Henderson | Newton | Page | Henderson |
| 0 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.6557 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0391 | 0.0000 | 0.0000 | 0.4299 |
| 1 | 0.9276 | 0.7782 | 0.9380 | 1.2128 | 0.0019 | 0.0000 | 0.0074 | 0.0223 | 0.0001 | 0.0813 |
| 2 | 0.8204 | 0.6056 | 0.8250 | 0.8883 | 0.0038 | 0.0000 | 0.0004 | 0.0461 | 0.0000 | 0.0046 |
| 3 | 0.7068 | 0.4712 | 0.6933 | 0.6507 | 0.0046 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0555 | 0.0002 | 0.0032 |
| 4 | 0.5961 | 0.3667 | 0.5608 | 0.4766 | 0.0044 | 0.0001 | 0.0013 | 0.0526 | 0.0012 | 0.0143 |
| 5 | 0.4900 | 0.2854 | 0.4385 | 0.3491 | 0.0035 | 0.0002 | 0.0018 | 0.0419 | 0.0027 | 0.0199 |
| 6 | 0.3894 | 0.2221 | 0.3325 | 0.2557 | 0.0023 | 0.0003 | 0.0016 | 0.0280 | 0.0032 | 0.0179 |
| 7 | 0.2917 | 0.1728 | 0.2450 | 0.1873 | 0.0012 | 0.0002 | 0.0010 | 0.0141 | 0.0022 | 0.0109 |
| 8 | 0.1938 | 0.1345 | 0.1757 | 0.1372 | 0.0003 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0035 | 0.0003 | 0.0032 |
| 9 | 0.0967 | 0.1046 | 0.1229 | 0.1005 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0007 | 0.0000 |
| 10 | 0.0509 | 0.0814 | 0.0839 | 0.0736 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0009 | 0.0011 | 0.0005 |
| 11 | 0.0368 | 0.0634 | 0.0559 | 0.0539 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0007 | 0.0004 | 0.0003 |
| 12 | 0.0319 | 0.0493 | 0.0365 | 0.0395 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0000 | 0.0001 |
| | | | | x ² | 0.0222 | 0.0011 | 0.0533 | | | |
| | | | | | | | RMSE | 0.1431 | 0.0305 | 0.2123 |

ตารางที่ ข-44 ค่าทางสถิติของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 360 วัตต์

initial MC = 72.08%

Microwave 540 W R1

Plastic sheet wt = 458.02 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | Drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 513.48 | 55.46 | 15.4844 | 39.9756 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 1 | 508.60 | 50.58 | 15.4844 | 35.0956 | 2.2665 | 0.8779 | 0.3152 |
| 2 | 502.06 | 44.04 | 15.4844 | 28.5556 | 1.8441 | 0.7143 | 0.4224 |
| 3 | 495.81 | 37.79 | 15.4844 | 22.3056 | 1.4405 | 0.5580 | 0.4036 |
| 4 | 489.85 | 31.83 | 15.4844 | 16.3456 | 1.0556 | 0.4089 | 0.3849 |
| 5 | 484.42 | 26.40 | 15.4844 | 10.9156 | 0.7049 | 0.2731 | 0.3507 |
| 6 | 479.26 | 21.24 | 15.4844 | 5.7556 | 0.3717 | 0.1440 | 0.3332 |
| 7 | 475.20 | 17.18 | 15.4844 | 1.6956 | 0.1095 | 0.0424 | 0.2622 |
| 8 | 474.60 | 16.58 | 15.4844 | 1.0956 | 0.0708 | 0.0274 | 0.0387 |

ตารางที่ ข-45 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 540 วัตต์ ตัวอย่างที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

initial MC = 72.08%

Microwave 540 W R2

Plastic sheet wt = 482.22 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | Drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 536.94 | 54.72 | 15.2778 | 39.4422 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 1 | 532.25 | 50.03 | 15.2778 | 34.7522 | 2.2747 | 0.8811 | 0.3070 |
| 2 | 525.77 | 43.55 | 15.2778 | 28.2722 | 1.8505 | 0.7168 | 0.4241 |
| 3 | 519.40 | 37.18 | 15.2778 | 21.9022 | 1.4336 | 0.5553 | 0.4169 |
| 4 | 513.39 | 31.17 | 15.2778 | 15.8922 | 1.0402 | 0.4029 | 0.3934 |
| 5 | 507.95 | 25.73 | 15.2778 | 10.4522 | 0.6841 | 0.2650 | 0.3561 |
| 6 | 502.71 | 20.49 | 15.2778 | 5.2122 | 0.3412 | 0.1321 | 0.3430 |
| 7 | 499.18 | 16.96 | 15.2778 | 1.6822 | 0.1101 | 0.0426 | 0.2311 |
| 8 | 498.75 | 16.53 | 15.2778 | 1.2522 | 0.0820 | 0.0317 | 0.0281 |

ตารางที่ ข-46 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 540 วัตต์ ตัวอย่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

initial MC = 72.08%

Microwave 540 W R3

Plastic sheet wt = 482.14 g

| time | wt | wt(ตัวอย่าง) | wt(solid) | wt(water) | Mt | MR | Drying rate |
|------|--------|--------------|-----------|-----------|---------------------|--------|-------------|
| min | g | g | g | g | gน้ำ/ gdrymatter | | |
| 0 | 537.12 | 54.98 | 15.3504 | 39.6296 | 2.5817 | 1.0000 | 0.0000 |
| 1 | 532.63 | 50.49 | 15.3504 | 35.1396 | 2.2892 | 0.8867 | 0.2925 |
| 2 | 526.10 | 43.96 | 15.3504 | 28.6096 | 1.8638 | 0.7219 | 0.4254 |
| 3 | 519.76 | 37.62 | 15.3504 | 22.2696 | 1.4507 | 0.5619 | 0.4130 |
| 4 | 513.76 | 31.62 | 15.3504 | 16.2696 | 1.0599 | 0.4105 | 0.3909 |
| 5 | 508.18 | 26.04 | 15.3504 | 10.6896 | 0.6964 | 0.2697 | 0.3635 |
| 6 | 502.68 | 20.54 | 15.3504 | 5.1896 | 0.3381 | 0.1310 | 0.3583 |
| 7 | 499.28 | 17.14 | 15.3504 | 1.7896 | 0.1166 | 0.0452 | 0.2215 |
| 8 | 499.00 | 16.86 | 15.3504 | 1.5096 | 0.0983 | 0.0381 | 0.0182 |

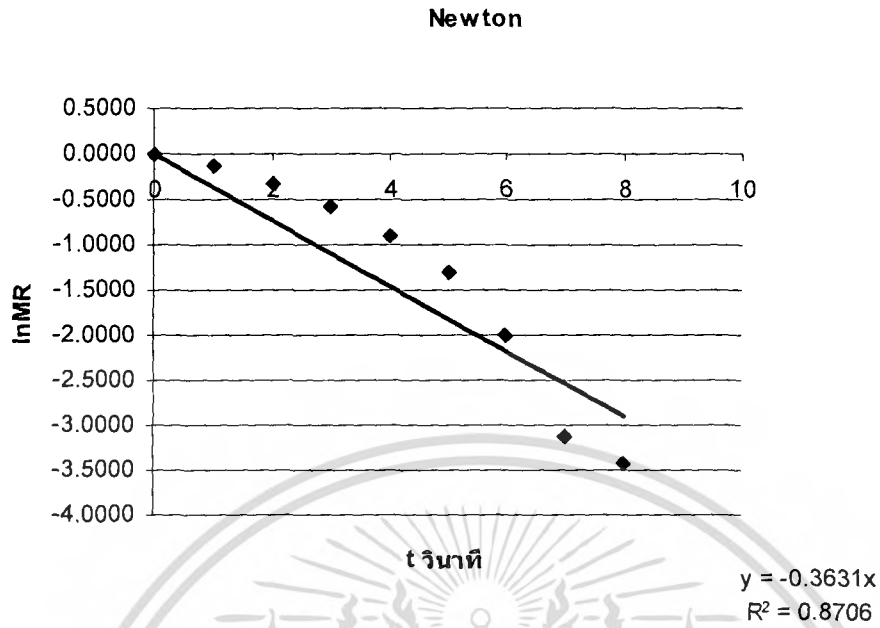
ตารางที่ ข-47 แสดงค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 540 วัตต์ ตัวอย่างที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

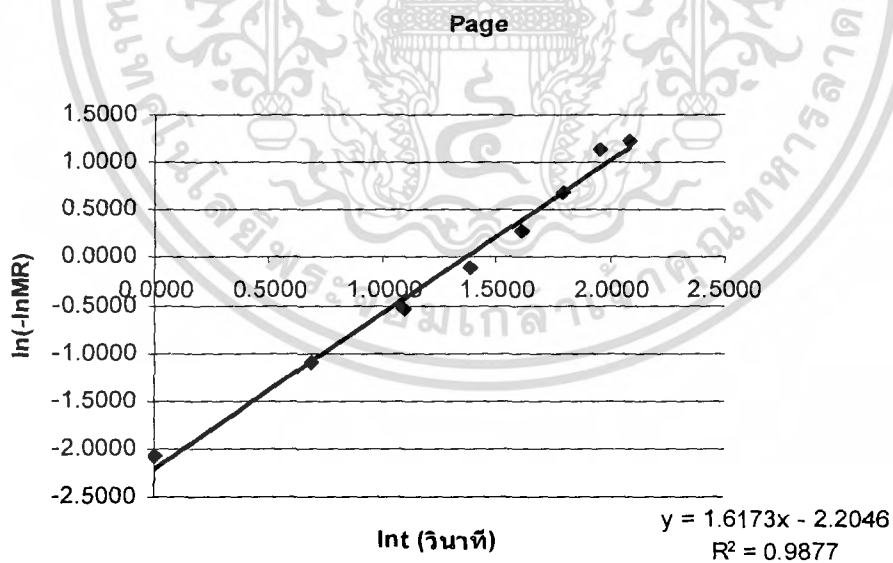
| time | MRav | lnMR | ln(-lnMR) | Int |
|------|--------|---------|-----------|--------|
| min | | | | |
| 0 | 1.0000 | 0.0000 | - | - |
| 1 | 0.8819 | -0.1257 | -2.0741 | 0.0000 |
| 2 | 0.7177 | -0.3317 | -1.1034 | 0.6931 |
| 3 | 0.5584 | -0.5827 | -0.5401 | 1.0986 |
| 4 | 0.4075 | -0.8978 | -0.1078 | 1.3863 |
| 5 | 0.2693 | -1.3121 | 0.2716 | 1.6094 |
| 6 | 0.1357 | -1.9974 | 0.6918 | 1.7918 |
| 7 | 0.0434 | -3.1371 | 1.1433 | 1.9459 |
| 8 | 0.0324 | -3.4291 | 1.2323 | 2.0794 |

ตารางที่ ข-48 ค่าต่างๆ ของน้ำพริกที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 540 วัตต์ ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

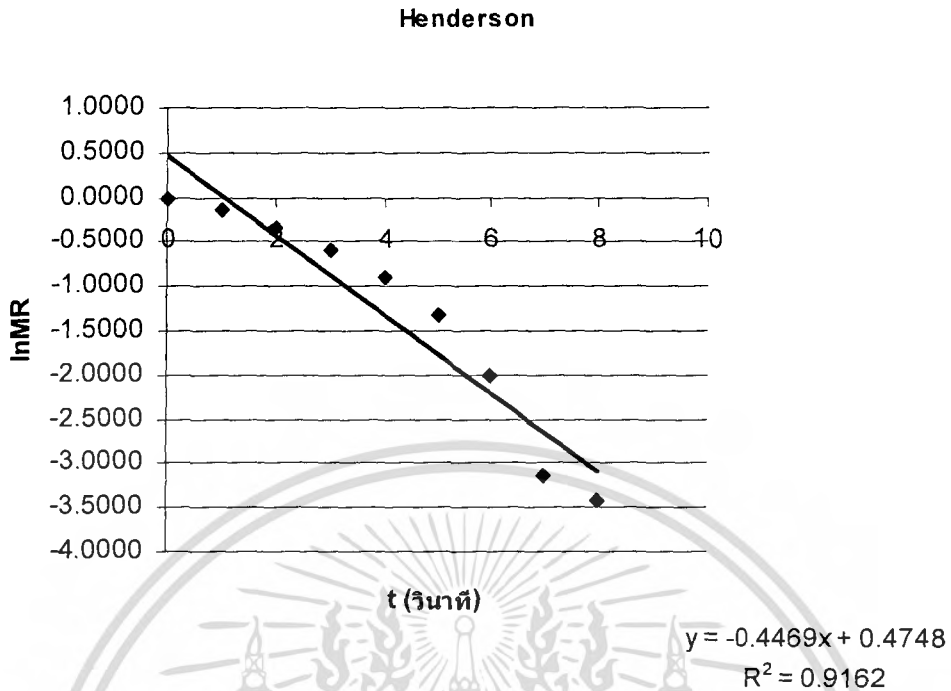


รูปที่ ข-49 แบบจำลอง Newton ของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 540 วัตต์



รูปที่ ข-50 แบบจำลอง Page ของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 540 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-51 แบบจำลอง Henderson ของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 540 วัตต์

| | k | n | a |
|-----------|--------|--------|--------|
| Newton | 0.3631 | | |
| Page | 0.1103 | 1.6173 | |
| Henderson | 0.4469 | | 1.6077 |

ตารางที่ ข-52 ค่าคงที่ของแบบจำลองต่างๆ ในการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 540 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| time | MRexp | MRpre | MRpre | MRpre | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² /N-z | (MRexp-Mrpre) ² | (MRexp-Mrpre) ² | (MRexp-Mrpre) ² |
|------|--------|--------|--------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| min | | Newton | Page | Henderson | Newton | Page | Henderson | Newton | Page | Henderson |
| 0 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.6077 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0528 | 0.0000 | 0.0000 | 0.3693 |
| 1 | 0.8819 | 0.6955 | 0.8956 | 1.0283 | 0.0043 | 0.0000 | 0.0031 | 0.0347 | 0.0002 | 0.0214 |
| 2 | 0.7177 | 0.4837 | 0.7129 | 0.6577 | 0.0068 | 0.0000 | 0.0005 | 0.0547 | 0.0000 | 0.0036 |
| 3 | 0.5584 | 0.3365 | 0.5210 | 0.4207 | 0.0062 | 0.0002 | 0.0027 | 0.0493 | 0.0014 | 0.0190 |
| 4 | 0.4075 | 0.2340 | 0.3541 | 0.2691 | 0.0038 | 0.0004 | 0.0027 | 0.0301 | 0.0028 | 0.0192 |
| 5 | 0.2693 | 0.1628 | 0.2255 | 0.1721 | 0.0014 | 0.0003 | 0.0013 | 0.0113 | 0.0019 | 0.0094 |
| 6 | 0.1357 | 0.1132 | 0.1353 | 0.1101 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0000 | 0.0007 |
| 7 | 0.0434 | 0.0787 | 0.0768 | 0.0704 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0012 | 0.0011 | 0.0007 |
| 8 | 0.0324 | 0.0548 | 0.0414 | 0.0450 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0005 | 0.0001 | 0.0002 |
| | | | | x ² | 0.0228 | 0.0011 | 0.0633 | | | |
| | | | | | | | RMSE | 0.1424 | 0.0290 | 0.2220 |

ตารางที่ ข-53 ค่าทางสถิติของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 540 วัตต์

| Run No. | Code level | ปัจจัย X2 | Temperature (X1) (C) | Time (X2) (Second) | Replication | Color | | | average | | |
|---------|------------|-----------|--------------------------|-----------------------|-------------|-------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|
| | ปัจจัย X1 | | | | | L | a | b | □L | a | b |
| 1 | 1 | 1 | 132 | 240.471 | 1 | 59.29 | 16.84 | 28.46 | | | |
| | | | | | 2 | 58.68 | 17.41 | 28.58 | | | |
| | | | | | 3 | 58.22 | 17.38 | 28.11 | 58.73 | 17.21 | 28.38 |
| 2 | 1 | -1 | 132 | 219.613 | 1 | 59.03 | 17.56 | 28.74 | | | |
| | | | | | 2 | 59.52 | 17.53 | 28.93 | | | |
| | | | | | 3 | 59.05 | 17.6 | 28.74 | 59.20 | 17.56 | 28.80 |
| 3 | -1 | 1 | 123 | 240.471 | 1 | 58.11 | 19.82 | 29.08 | | | |
| | | | | | 2 | 58.82 | 19.32 | 29.33 | | | |
| | | | | | 3 | 58.56 | 19.6 | 29.12 | 58.50 | 19.58 | 29.18 |
| 4 | -1 | -1 | 123 | 219.613 | 1 | 55.29 | 20.22 | 27.7 | | | |
| | | | | | 2 | 55.33 | 20.39 | 27.76 | | | |
| | | | | | 3 | 55.24 | 20.53 | 27.75 | 55.29 | 20.38 | 27.74 |
| 5 | 1.414 | 0 | 133.86 | 230.042 | 1 | 58.8 | 16.31 | 28.15 | | | |
| | | | | | 2 | 58.73 | 16.28 | 28.2 | | | |
| | | | | | 3 | 58.82 | 16.38 | 28.24 | 58.78 | 16.32 | 28.20 |
| 6 | 0 | 1.414 | 127.5 | 244.6426 | 1 | 58.91 | 17.6 | 28.8 | | | |
| | | | | | 2 | 58.6 | 18.2 | 28.49 | | | |
| | | | | | 3 | 58.18 | 17.85 | 28.34 | 58.56 | 17.88 | 28.54 |
| 7 | -1.414 | 0 | 121.14 | 230.042 | 1 | 51.12 | 21.86 | 25.84 | | | |
| | | | | | 2 | 51.03 | 21.8 | 25.63 | | | |
| | | | | | 3 | 51 | 22 | 25.6 | 51.05 | 21.89 | 25.69 |
| 8 | 0 | -1.414 | 127.5 | 215.4414 | 1 | 58.24 | 19.11 | 28.95 | | | |
| | | | | | 2 | 58.2 | 19.28 | 29.08 | | | |
| | | | | | 3 | 58.64 | 18.88 | 29.14 | 58.36 | 19.09 | 29.06 |
| 9 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 59.25 | 17.8 | 28.94 | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|-------|---------|---|-------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|
| | | | | | 2 | 59.17 | 17.77 | 28.91 | | | |
| | | | | | 3 | 58.87 | 18.37 | 29.11 | 59.10 | 17.98 | 28.99 |
| 10 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 58.53 | 18.54 | 29.04 | | | |
| | | | | | 2 | 58.91 | 18.15 | 29.12 | | | |
| | | | | | 3 | 58.48 | 18.67 | 29.01 | 58.64 | 18.45 | 29.06 |
| 11 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 58.67 | 17.92 | 28.9 | | | |
| | | | | | 2 | 57.94 | 17.56 | 28.59 | | | |
| | | | | | 3 | 58.33 | 18.05 | 28.69 | 58.31 | 17.84 | 28.73 |
| 12 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 59.33 | 17.46 | 28.82 | | | |
| | | | | | 2 | 58.37 | 17.31 | 28.51 | | | |
| | | | | | 3 | 58.35 | 17.9 | 28.43 | 58.68 | 17.56 | 28.59 |
| 13 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 59.13 | 18.16 | 29.17 | | | |
| | | | | | 2 | 58.44 | 18.02 | 28.95 | | | |
| | | | | | 3 | 58.81 | 18.51 | 29.44 | 58.79 | 18.23 | 29.19 |

ตารางที่ ข-54 ตารางแสดงปริมาณค่าสีต่างๆของการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

| Sample | Replication | | | OD | ug/0.5 | 25 ml | ug/1g db | mg/g db | %RSA | SD |
|----------|-------------|-------|-------|-------|--------|----------|----------|---------|-------|-------|
| Unheated | 1 | 0.306 | 0.302 | 0.304 | 35.518 | 1775.904 | 7103.614 | 7.104 | 7.043 | 0.075 |
| | 2 | 0.297 | 0.299 | 0.298 | 34.795 | 1739.759 | 6959.036 | 6.959 | | |
| | 3 | 0.305 | 0.300 | 0.303 | 35.337 | 1766.867 | 7067.470 | 7.067 | | |
| 60 C | 1 | 0.293 | 0.296 | 0.295 | 34.373 | 1718.675 | 6874.699 | 6.875 | 6.963 | 0.153 |
| | 2 | 0.304 | 0.307 | 0.306 | 35.699 | 1784.940 | 7139.759 | 7.140 | | |
| | 3 | 0.293 | 0.296 | 0.295 | 34.373 | 1718.675 | 6874.699 | 6.875 | | |
| 70 C | 1 | 0.317 | 0.319 | 0.318 | 37.205 | 1860.241 | 7440.964 | 7.441 | 7.252 | 0.164 |
| | 2 | 0.304 | 0.309 | 0.307 | 35.819 | 1790.964 | 7163.855 | 7.164 | | |
| | 3 | 0.306 | 0.306 | 0.306 | 35.759 | 1787.952 | 7151.807 | 7.152 | | |
| 80 C | 1 | 0.297 | 0.296 | 0.297 | 34.614 | 1730.723 | 6922.892 | 6.923 | 7.035 | 0.100 |
| | 2 | 0.304 | 0.305 | 0.305 | 35.578 | 1778.916 | 7115.663 | 7.116 | | |
| | 3 | 0.302 | 0.303 | 0.303 | 35.337 | 1766.867 | 7067.470 | 7.067 | | |
| 180 W | 1 | 0.322 | 0.322 | 0.322 | 37.687 | 1884.337 | 7537.349 | 7.537 | 7.377 | 0.157 |
| | 2 | 0.315 | 0.315 | 0.315 | 36.843 | 1842.169 | 7368.675 | 7.369 | | |
| | 3 | 0.303 | 0.315 | 0.309 | 36.120 | 1806.024 | 7224.096 | 7.224 | | |
| 360 W | 1 | 0.330 | 0.331 | 0.331 | 38.711 | 1935.542 | 7742.169 | 7.742 | 7.818 | 0.069 |
| | 2 | 0.334 | 0.338 | 0.336 | 39.373 | 1968.675 | 7874.699 | 7.875 | | |
| | 3 | 0.336 | 0.333 | 0.335 | 39.193 | 1959.639 | 7838.554 | 7.839 | | |
| 540 W | 1 | 0.351 | 0.353 | 0.352 | 41.301 | 2065.060 | 8260.241 | 8.260 | 8.333 | 0.067 |
| | 2 | 0.355 | 0.360 | 0.358 | 41.964 | 2098.193 | 8392.771 | 8.393 | | |
| | 3 | 0.356 | 0.355 | 0.356 | 41.723 | 2086.145 | 8344.578 | 8.345 | | |

ตารางที่ ข-55 ตารางแสดงค่าสารประกอบฟีนอลิกของการทำแห้งแบบลมร้อนและไมโครเวฟ

| Run No. | Code level ปัจจัย X1 | ปัจจัย X2 | Temperature (X1) (C) | Time (X2) (Second) | Replication | | | SD | ug/0.5 | 25 ml | ug/1g db | mg/g db | %RSA | SD |
|---------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------------------|-------------|-------|-------|-------|--------|----------|-----------|---------|--------|-------|
| 1 | 1 | 1 | 132 | 240.471 | 1 | 0.590 | 0.597 | 0.594 | 70.398 | 3519.880 | 14079.518 | 14.080 | 14.136 | 0.069 |
| | | | | | 2 | 0.595 | 0.595 | 0.595 | 70.578 | 3528.916 | 14115.663 | 14.116 | | |
| | | | | | 3 | 0.601 | 0.597 | 0.599 | 71.060 | 3553.012 | 14212.048 | 14.212 | | |
| 2 | 1 | -1 | 132 | 219.613 | 1 | 0.570 | 0.567 | 0.569 | 67.386 | 3369.277 | 13477.108 | 13.477 | 13.590 | 0.100 |
| | | | | | 2 | 0.579 | 0.574 | 0.577 | 68.349 | 3417.470 | 13669.880 | 13.670 | | |
| | | | | | 3 | 0.576 | 0.573 | 0.575 | 68.108 | 3405.422 | 13621.687 | 13.622 | | |
| 3 | -1 | 1 | 123 | 240.471 | 1 | 0.489 | 0.491 | 0.490 | 57.928 | 2896.386 | 11585.542 | 11.586 | 11.509 | 0.085 |
| | | | | | 2 | 0.487 | 0.488 | 0.488 | 57.627 | 2881.325 | 11525.301 | 11.525 | | |
| | | | | | 3 | 0.481 | 0.485 | 0.483 | 57.084 | 2854.217 | 11416.867 | 11.417 | | |
| 4 | -1 | -1 | 123 | 219.613 | 1 | 0.458 | 0.458 | 0.458 | 54.072 | 2703.614 | 10814.458 | 10.814 | 10.935 | 0.107 |
| | | | | | 2 | 0.461 | 0.472 | 0.467 | 55.096 | 2754.819 | 11019.277 | 11.019 | | |
| | | | | | 3 | 0.469 | 0.460 | 0.465 | 54.855 | 2742.771 | 10971.084 | 10.971 | | |
| 5 | 1.414 | 0 | 133.86 | 230.042 | 1 | 0.623 | 0.620 | 0.622 | 73.771 | 3688.554 | 14754.217 | 14.754 | 14.782 | 0.049 |
| | | | | | 2 | 0.626 | 0.617 | 0.622 | 73.771 | 3688.554 | 14754.217 | 14.754 | | |
| | | | | | 3 | 0.629 | 0.621 | 0.625 | 74.193 | 3709.639 | 14838.554 | 14.839 | | |
| 6 | 0 | 1.414 | 127.5 | 244.6426 | 1 | 0.551 | 0.553 | 0.552 | 65.398 | 3269.880 | 13079.518 | 13.080 | 13.140 | 0.094 |
| | | | | | 2 | 0.562 | 0.556 | 0.559 | 66.241 | 3312.048 | 13248.193 | 13.248 | | |
| | | | | | 3 | 0.551 | 0.554 | 0.553 | 65.458 | 3272.892 | 13091.566 | 13.092 | | |
| 7 | -1.414 | 0 | 121.14 | 230.042 | 1 | 0.433 | 0.427 | 0.430 | 50.699 | 2534.940 | 10139.759 | 10.140 | 10.196 | 0.054 |
| | | | | | 2 | 0.432 | 0.437 | 0.435 | 51.241 | 2562.048 | 10248.193 | 10.248 | | |
| | | | | | 3 | 0.430 | 0.435 | 0.433 | 51.000 | 2550.000 | 10200.000 | 10.200 | | |
| 8 | 0 | -1.414 | 127.5 | 215.4414 | 1 | 0.502 | 0.501 | 0.502 | 59.313 | 2965.663 | 11862.651 | 11.863 | 11.911 | 0.043 |
| | | | | | 2 | 0.503 | 0.505 | 0.504 | 59.614 | 2980.723 | 11922.892 | 11.923 | | |
| | | | | | 3 | 0.502 | 0.508 | 0.505 | 59.735 | 2986.747 | 11946.988 | 11.947 | | |
| 9 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.565 | 0.564 | 0.565 | 66.904 | 3345.181 | 13380.723 | 13.381 | 13.240 | 0.125 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|-------|---------|---|-------|-------|-------|--------|----------|-----------|--------|--------|-------|
| | | | | | 2 | 0.553 | 0.556 | 0.555 | 65.699 | 3284.940 | 13139.759 | 13.140 | | |
| | | | | | 3 | 0.559 | 0.555 | 0.557 | 66.000 | 3300.000 | 13200.000 | 13.200 | | |
| 10 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.552 | 0.553 | 0.553 | 65.458 | 3272.892 | 13091.566 | 13.092 | 13.059 | 0.046 |
| | | | | | 2 | 0.543 | 0.555 | 0.549 | 65.036 | 3251.807 | 13007.229 | 13.007 | | |
| | | | | | 3 | 0.553 | 0.551 | 0.552 | 65.398 | 3269.880 | 13079.518 | 13.080 | | |
| 11 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.563 | 0.561 | 0.562 | 66.602 | 3330.120 | 13320.482 | 13.320 | 13.324 | 0.078 |
| | | | | | 2 | 0.564 | 0.567 | 0.566 | 67.024 | 3351.205 | 13404.819 | 13.405 | | |
| | | | | | 3 | 0.560 | 0.558 | 0.559 | 66.241 | 3312.048 | 13248.193 | 13.248 | | |
| 12 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.558 | 0.556 | 0.557 | 66.000 | 3300.000 | 13200.000 | 13.200 | 13.140 | 0.075 |
| | | | | | 2 | 0.557 | 0.554 | 0.556 | 65.819 | 3290.964 | 13163.855 | 13.164 | | |
| | | | | | 3 | 0.552 | 0.550 | 0.551 | 65.277 | 3263.855 | 13055.422 | 13.055 | | |
| 13 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.553 | 0.557 | 0.555 | 65.759 | 3287.952 | 13151.807 | 13.152 | 13.160 | 0.073 |
| | | | | | 2 | 0.559 | 0.558 | 0.559 | 66.181 | 3309.036 | 13236.145 | 13.236 | | |
| | | | | | 3 | 0.555 | 0.550 | 0.553 | 65.458 | 3272.892 | 13091.566 | 13.092 | | |

ตารางที่ ข-56 ตารางแสดงค่าสารประกอบฟีนอลิกของการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง



| Sample | Replication | | | Average | %RSA | %RSA | SD |
|----------|-------------|-------|-------|---------|----------|--------|-------|
| Unheated | 1 | 0.946 | 0.958 | 0.952 | 7.302824 | 7.433 | 0.225 |
| | 2 | 0.946 | 0.958 | 0.952 | 7.302824 | | |
| | 3 | 0.946 | 0.95 | 0.948 | 7.692308 | | |
| 60 C | 1 | 0.945 | 0.948 | 0.947 | 7.838364 | 7.562 | 0.293 |
| | 2 | 0.955 | 0.95 | 0.953 | 7.254138 | | |
| | 3 | 0.948 | 0.95 | 0.949 | 7.594937 | | |
| 70 C | 1 | 0.947 | 0.957 | 0.952 | 7.302824 | 7.449 | 0.129 |
| | 2 | 0.95 | 0.949 | 0.950 | 7.546251 | | |
| | 3 | 0.95 | 0.95 | 0.950 | 7.497566 | | |
| 80 C | 1 | 0.947 | 0.945 | 0.946 | 7.88705 | 7.952 | 0.250 |
| | 2 | 0.947 | 0.948 | 0.948 | 7.740993 | | |
| | 3 | 0.94 | 0.945 | 0.943 | 8.227848 | | |
| 180 W | 1 | 0.942 | 0.947 | 0.945 | 9.703633 | 9.799 | 0.096 |
| | 2 | 0.955 | 0.932 | 0.944 | 9.799235 | | |
| | 3 | 0.94 | 0.945 | 0.943 | 9.894837 | | |
| 360 W | 1 | 0.931 | 0.934 | 0.933 | 10.85086 | 10.883 | 0.100 |
| | 2 | 0.931 | 0.935 | 0.933 | 10.80306 | | |
| | 3 | 0.93 | 0.932 | 0.931 | 10.99426 | | |
| 540 W | 1 | 0.908 | 0.913 | 0.911 | 12.95411 | 13.018 | 0.292 |
| | 2 | 0.918 | 0.907 | 0.913 | 12.76291 | | |
| | 3 | 0.905 | 0.908 | 0.907 | 13.33652 | | |

ตารางที่ ข-57 ตารางแสดงค่าค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPHของการทำแห้งแบบลมร้อนและไมโครเวฟ

| Run No. | Code level អ័រតង្គ X1 | អ័រតង្គ X2 | Temperature (X1) (C) | Time (X2) (Second) | Replication | OD | Average | %RSA | %RSA | SD | |
|---------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|--------------------------|-------------|-------|---------|-------|--------|--------|-------|
| 1 | 1 | 1 | 132 | 240.471 | 1 | 0.764 | 0.766 | 0.765 | 26.689 | 26.529 | 0.236 |
| | | | | | 2 | 0.768 | 0.771 | 0.770 | 26.258 | | |
| | | | | | 3 | 0.766 | 0.765 | 0.766 | 26.641 | | |
| 2 | 1 | -1 | 132 | 219.613 | 1 | 0.79 | 0.797 | 0.794 | 23.958 | 24.213 | 0.326 |
| | | | | | 2 | 0.792 | 0.782 | 0.787 | 24.581 | | |
| | | | | | 3 | 0.794 | 0.79 | 0.792 | 24.102 | | |
| 3 | -1 | 1 | 123 | 240.471 | 1 | 0.841 | 0.841 | 0.841 | 15.222 | 14.970 | 0.860 |
| | | | | | 2 | 0.839 | 0.834 | 0.837 | 15.675 | | |
| | | | | | 3 | 0.853 | 0.853 | 0.853 | 14.012 | | |
| 4 | -1 | -1 | 123 | 219.613 | 1 | 0.846 | 0.859 | 0.853 | 14.235 | 14.252 | 0.378 |
| | | | | | 2 | 0.841 | 0.856 | 0.849 | 14.638 | | |
| | | | | | 3 | 0.869 | 0.843 | 0.856 | 13.883 | | |
| 5 | 1.414 | 0 | 133.86 | 230.042 | 1 | 0.721 | 0.717 | 0.719 | 27.666 | 28.337 | 0.655 |
| | | | | | 2 | 0.704 | 0.708 | 0.706 | 28.974 | | |
| | | | | | 3 | 0.705 | 0.719 | 0.712 | 28.370 | | |
| 6 | 0 | 1.414 | 127.5 | 244.6426 | 1 | 0.773 | 0.768 | 0.771 | 22.485 | 21.579 | 0.840 |
| | | | | | 2 | 0.788 | 0.786 | 0.787 | 20.825 | | |
| | | | | | 3 | 0.779 | 0.783 | 0.781 | 21.429 | | |
| 7 | -1.414 | 0 | 121.14 | 230.042 | 1 | 0.896 | 0.902 | 0.899 | 12.930 | 13.511 | 0.635 |
| | | | | | 2 | 0.888 | 0.9 | 0.894 | 13.414 | | |
| | | | | | 3 | 0.883 | 0.889 | 0.886 | 14.189 | | |
| 8 | 0 | -1.414 | 127.5 | 215.4414 | 1 | 0.843 | 0.831 | 0.837 | 18.935 | 18.967 | 0.101 |
| | | | | | 2 | 0.839 | 0.836 | 0.838 | 18.886 | | |
| | | | | | 3 | 0.836 | 0.835 | 0.836 | 19.080 | | |
| 9 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.793 | 0.794 | 0.794 | 23.148 | 23.035 | 0.156 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|-------|---------|---|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| | | | | | 2 | 0.798 | 0.795 | 0.797 | 22.857 | | |
| | | | | | 3 | 0.792 | 0.796 | 0.794 | 23.099 | | |
| 10 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.798 | 0.806 | 0.802 | 23.143 | 23.239 | 0.096 |
| | | | | | 2 | 0.803 | 0.797 | 0.800 | 23.335 | | |
| | | | | | 3 | 0.802 | 0.8 | 0.801 | 23.239 | | |
| 11 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.791 | 0.81 | 0.801 | 23.287 | 23.127 | 0.199 |
| | | | | | 2 | 0.804 | 0.805 | 0.805 | 22.904 | | |
| | | | | | 3 | 0.791 | 0.812 | 0.802 | 23.191 | | |
| 12 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.79 | 0.811 | 0.801 | 23.287 | 23.495 | 0.194 |
| | | | | | 2 | 0.798 | 0.795 | 0.797 | 23.670 | | |
| | | | | | 3 | 0.795 | 0.801 | 0.798 | 23.527 | | |
| 13 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.798 | 0.801 | 0.800 | 23.383 | 23.383 | 0.048 |
| | | | | | 2 | 0.8 | 0.798 | 0.799 | 23.431 | | |
| | | | | | 3 | 0.801 | 0.799 | 0.800 | 23.335 | | |

ตารางที่ ข-58 ตารางแสดงค่าความสามารถในการคำนวณมูลค่าอิสระ DPPHของการทำเหมืองแบบลูกกลิ้ง

| Sample | Replication | | | | OD | ug/0.1 | 25 ml | ug/1g db | mg/g db | %RSA | SD |
|----------|-------------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|----------|---------|-------|-------|
| Unheated | 1 | 0.242 | 0.245 | 0.252 | 0.246 | 4.694 | 1173.555 | 4694.220 | 4.694 | 4.607 | 0.076 |
| | 2 | 0.238 | 0.239 | 0.242 | 0.240 | 4.560 | 1139.953 | 4559.812 | 4.560 | | |
| | 3 | 0.240 | 0.238 | 0.242 | 0.240 | 4.567 | 1141.633 | 4566.532 | 4.567 | | |
| 60 C | 1 | 0.260 | 0.259 | 0.253 | 0.257 | 4.916 | 1228.999 | 4915.995 | 4.916 | 4.918 | 0.057 |
| | 2 | 0.260 | 0.258 | 0.263 | 0.260 | 4.976 | 1244.120 | 4976.478 | 4.976 | | |
| | 3 | 0.258 | 0.252 | 0.254 | 0.255 | 4.862 | 1215.558 | 4862.231 | 4.862 | | |
| 70 C | 1 | 0.260 | 0.260 | 0.276 | 0.265 | 5.077 | 1269.321 | 5077.285 | 5.077 | 4.916 | 0.140 |
| | 2 | 0.251 | 0.255 | 0.255 | 0.254 | 4.842 | 1210.517 | 4842.070 | 4.842 | | |
| | 3 | 0.253 | 0.263 | 0.243 | 0.253 | 4.829 | 1207.157 | 4828.629 | 4.829 | | |
| 80 C | 1 | 0.255 | 0.257 | 0.258 | 0.257 | 4.903 | 1225.638 | 4902.554 | 4.903 | 4.943 | 0.119 |
| | 2 | 0.270 | 0.253 | 0.273 | 0.265 | 5.077 | 1269.321 | 5077.285 | 5.077 | | |
| | 3 | 0.262 | 0.255 | 0.245 | 0.254 | 4.849 | 1212.198 | 4848.790 | 4.849 | | |
| 180 W | 1 | 0.263 | 0.268 | 0.262 | 0.264 | 5.057 | 1264.281 | 5057.124 | 5.057 | 5.017 | 0.059 |
| | 2 | 0.259 | 0.261 | 0.257 | 0.259 | 4.950 | 1237.399 | 4949.597 | 4.950 | | |
| | 3 | 0.266 | 0.266 | 0.259 | 0.264 | 5.044 | 1260.921 | 5043.683 | 5.044 | | |
| 360 W | 1 | 0.278 | 0.279 | 0.270 | 0.276 | 5.286 | 1321.405 | 5285.618 | 5.286 | 5.297 | 0.025 |
| | 2 | 0.276 | 0.278 | 0.272 | 0.275 | 5.279 | 1319.724 | 5278.898 | 5.279 | | |
| | 3 | 0.283 | 0.278 | 0.272 | 0.278 | 5.326 | 1331.485 | 5325.941 | 5.326 | | |
| 540 W | 1 | 0.318 | 0.311 | 0.311 | 0.313 | 6.045 | 1511.257 | 6045.027 | 6.045 | 6.108 | 0.120 |
| | 2 | 0.320 | 0.310 | 0.308 | 0.313 | 6.032 | 1507.897 | 6031.586 | 6.032 | | |
| | 3 | 0.327 | 0.324 | 0.319 | 0.323 | 6.247 | 1561.660 | 6246.640 | 6.247 | | |

ตารางที่ ข-59 ตารางแสดงค่าความสามารถในการรีดิวซ์ฟลูออริกซ์ของการทำแห้งแบบลมร้อนและไม่โครเวฟ

| Run No. | ប្រតិបត្តិ X1 | ប្រតិបត្តិ X2 | Temperature (X1) (C) | Time (X2) (Second) | Replication | | | | OD | ug/0.1 | 25 ml | ug/1g db | mg/g db | %RSA | SD |
|---------|------------------|------------------|----------------------------|--------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|-----------|------------|--------|-------|
| 1 | 1 | 1 | 132 | 240.471 | 1 | 0.486 | 0.490 | 0.482 | 0.486 | 9.526 | 2381.552 | 9526.210 | 9.526 | 9.441 | 0.091 |
| | | | | | 2 | 0.479 | 0.474 | 0.478 | 0.477 | 9.345 | 2336.190 | 9344.758 | 9.345 | | |
| | | | | | 3 | 0.485 | 0.478 | 0.484 | 0.482 | 9.452 | 2363.071 | 9452.285 | 9.452 | | |
| 2 | 1 | -1 | 132 | 219.613 | 1 | 0.442 | 0.446 | 0.451 | 0.446 | 8.726 | 2181.620 | 8726.478 | 8.726 | 8.778 | 0.095 |
| | | | | | 2 | 0.447 | 0.443 | 0.448 | 0.446 | 8.720 | 2179.940 | 8719.758 | 8.720 | | |
| | | | | | 3 | 0.458 | 0.457 | 0.448 | 0.454 | 8.888 | 2221.942 | 8887.769 | 8.888 | | |
| 3 | -1 | 1 | 123 | 240.471 | 1 | 0.364 | 0.365 | 0.361 | 0.363 | 7.053 | 1763.273 | 7053.091 | 7.053 | 7.013 | 0.044 |
| | | | | | 2 | 0.366 | 0.366 | 0.353 | 0.362 | 7.019 | 1754.872 | 7019.489 | 7.019 | | |
| | | | | | 3 | 0.357 | 0.361 | 0.359 | 0.359 | 6.966 | 1741.431 | 6965.726 | 6.966 | | |
| 4 | -1 | -1 | 123 | 219.613 | 1 | 0.344 | 0.345 | 0.347 | 0.345 | 6.690 | 1672.547 | 6690.188 | 6.690 | 6.778 | 0.099 |
| | | | | | 2 | 0.354 | 0.344 | 0.348 | 0.349 | 6.757 | 1689.348 | 6757.392 | 6.757 | | |
| | | | | | 3 | 0.357 | 0.354 | 0.354 | 0.355 | 6.885 | 1721.270 | 6885.081 | 6.885 | | |
| 5 | 1.414 | 0 | 133.86 | 230.042 | 1 | 0.525 | 0.527 | 0.522 | 0.525 | 10.306 | 2576.445 | 10305.780 | 10.306 | 10.407 | 0.088 |
| | | | | | 2 | 0.531 | 0.533 | 0.531 | 0.532 | 10.447 | 2611.727 | 10446.909 | 10.447 | | |
| | | | | | 3 | 0.536 | 0.527 | 0.535 | 0.533 | 10.467 | 2616.767 | 10467.070 | 10.467 | | |
| 6 | 0 | 1.414 | 127.5 | 244.6426 | 1 | 0.464 | 0.465 | 0.464 | 0.464 | 9.089 | 2272.345 | 9089.382 | 9.089 | 9.105 | 0.033 |
| | | | | | 2 | 0.463 | 0.460 | 0.469 | 0.464 | 9.083 | 2270.665 | 9082.661 | 9.083 | | |
| | | | | | 3 | 0.467 | 0.469 | 0.465 | 0.467 | 9.143 | 2285.786 | 9143.145 | 9.143 | | |
| 7 | -1.414 | 0 | 121.14 | 230.042 | 1 | 0.324 | 0.321 | 0.324 | 0.323 | 6.240 | 1559.980 | 6239.919 | 6.240 | 6.296 | 0.065 |
| | | | | | 2 | 0.326 | 0.335 | 0.327 | 0.329 | 6.368 | 1591.902 | 6367.608 | 6.368 | | |
| | | | | | 3 | 0.329 | 0.323 | 0.323 | 0.325 | 6.280 | 1570.060 | 6280.242 | 6.280 | | |
| 8 | 0 | -1.414 | 127.5 | 215.4414 | 1 | 0.407 | 0.406 | 0.399 | 0.404 | 7.873 | 1968.246 | 7872.984 | 7.873 | 7.898 | 0.087 |
| | | | | | 2 | 0.409 | 0.409 | 0.412 | 0.410 | 7.994 | 1998.488 | 7993.952 | 7.994 | | |
| | | | | | 3 | 0.404 | 0.401 | 0.400 | 0.402 | 7.826 | 1956.485 | 7825.941 | 7.826 | | |
| 9 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.467 | 0.462 | 0.460 | 0.463 | 9.063 | 2265.625 | 9062.500 | 9.063 | 9.071 | 0.016 |
| | | | | | 2 | 0.461 | 0.464 | 0.464 | 0.463 | 9.063 | 2265.625 | 9062.500 | 9.063 | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|-------|---------|---|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|-------|-------|
| | | | | | 3 | 0.464 | 0.462 | 0.467 | 0.464 | 9.089 | 2272.345 | 9089.382 | 9.089 | | |
| 10 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.460 | 0.462 | 0.464 | 0.462 | 9.042 | 2260.585 | 9042.339 | 9.042 | 9.060 | 0.037 |
| | | | | | 2 | 0.460 | 0.468 | 0.467 | 0.465 | 9.103 | 2275.706 | 9102.823 | 9.103 | | |
| | | | | | 3 | 0.460 | 0.465 | 0.460 | 0.462 | 9.036 | 2258.905 | 9035.618 | 9.036 | | |
| 11 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.475 | 0.472 | 0.460 | 0.469 | 9.183 | 2295.867 | 9183.468 | 9.183 | 9.262 | 0.085 |
| | | | | | 2 | 0.471 | 0.474 | 0.472 | 0.472 | 9.251 | 2312.668 | 9250.672 | 9.251 | | |
| | | | | | 3 | 0.480 | 0.474 | 0.478 | 0.477 | 9.351 | 2337.870 | 9351.478 | 9.351 | | |
| 12 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.465 | 0.469 | 0.469 | 0.468 | 9.157 | 2289.147 | 9156.586 | 9.157 | 9.201 | 0.072 |
| | | | | | 2 | 0.471 | 0.478 | 0.473 | 0.474 | 9.284 | 2321.069 | 9284.274 | 9.284 | | |
| | | | | | 3 | 0.469 | 0.467 | 0.468 | 0.468 | 9.163 | 2290.827 | 9163.306 | 9.163 | | |
| 13 | 0 | 0 | 127.5 | 230.042 | 1 | 0.466 | 0.462 | 0.465 | 0.464 | 9.089 | 2272.345 | 9089.382 | 9.089 | 9.092 | 0.071 |
| | | | | | 2 | 0.460 | 0.467 | 0.456 | 0.461 | 9.022 | 2255.544 | 9022.177 | 9.022 | | |
| | | | | | 3 | 0.468 | 0.469 | 0.467 | 0.468 | 9.163 | 2290.827 | 9163.306 | 9.163 | | |

ตารางที่ ข-60 ตารางแสดงค่าความสามารถในการรีดิซ์เฟอร์ริกซ์ของการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง



| | a_w | | WFlويد | Wi | Floid+Wi | Wf+Floid | Wf | Wdry+Floid | Wdry | %db |
|--------------------------------|-------|-----------|--------|--------|----------|----------|--------|------------|--------|---------|
| LiCl | 0.11 | drum dry | 0.0821 | 0.1060 | 0.1881 | 0.1938 | 0.1117 | 0.1871 | 0.1050 | 6.3810 |
| | | microwave | 0.0838 | 0.1080 | 0.1918 | 0.1861 | 0.1023 | 0.1799 | 0.0961 | 6.4516 |
| | | hot air | 0.0802 | 0.1008 | 0.1810 | 0.1795 | 0.0993 | 0.1739 | 0.0937 | 5.9765 |
| CH ₃ COOK | 0.22 | drum dry | 0.1680 | 0.1019 | 0.2699 | 0.2727 | 0.1047 | 0.2648 | 0.0968 | 8.1612 |
| | | microwave | 0.1670 | 0.1034 | 0.2704 | 0.2706 | 0.1036 | 0.2618 | 0.0948 | 9.2827 |
| | | hot air | 0.1701 | 0.1021 | 0.2722 | 0.2744 | 0.1043 | 0.2652 | 0.0951 | 9.6740 |
| MgCl ₂ | 0.33 | drum dry | 0.0826 | 0.1030 | 0.1856 | 0.1891 | 0.1065 | 0.1795 | 0.0969 | 9.9071 |
| | | microwave | 0.0850 | 0.1016 | 0.1866 | 0.1871 | 0.1021 | 0.1788 | 0.0938 | 8.8486 |
| | | hot air | 0.0846 | 0.1002 | 0.1848 | 0.1877 | 0.1031 | 0.1786 | 0.0940 | 9.6809 |
| K ₂ CO ₃ | 0.44 | drum dry | 0.1655 | 0.1027 | 0.2682 | 0.2736 | 0.1081 | 0.2627 | 0.0972 | 11.2140 |
| | | microwave | 0.1717 | 0.1018 | 0.2735 | 0.2763 | 0.1046 | 0.2655 | 0.0938 | 11.5139 |
| | | hot air | 0.1685 | 0.1020 | 0.2705 | 0.2747 | 0.1062 | 0.2637 | 0.0952 | 11.5546 |
| NaCl | 0.75 | drum dry | 0.1702 | 0.1027 | 0.2729 | 0.3303 | 0.1601 | 0.2680 | 0.0978 | 63.7014 |
| | | microwave | 0.1714 | 0.1018 | 0.2732 | 0.3295 | 0.1581 | 0.2657 | 0.0943 | 67.6564 |
| | | hot air | 0.1704 | 0.1038 | 0.2742 | 0.3332 | 0.1628 | 0.2657 | 0.0953 | 70.8290 |

ตารางที่ ข-61 ตารางแสดงค่าต่างๆ ในการหาอัตราร้อยชื้นไอโซเทอม