

ความชื้นสมดุลของฟักข้าว Equilibrium Moisture Content of Baby Jackfruit

มารีนา มะหนิ^{1*} นิสามณี ฉุนย่อง² ประชิต คงรัตน³ และนิคม ชูศิริ⁴
Marina Mani^{1*}, Nisamanee Chunyong², Prachit Khongrattana³ and Nikom Choosiri⁴

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาความชื้นสมดุลของฟักข้าวที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยวิธีสถิต ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 0.1-0.9 ในการหาค่าความชื้นสมดุลและนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุล 4 แบบ คือ Halsey (1948), Hendeson (1952), Chung and Pfof (1967) และ Modified Oswin (1946) มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลอง พบว่าความชื้นสมดุลจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศเดียวกัน ส่วนที่อุณหภูมิเดียวกันความชื้นสมดุลจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศเพิ่มขึ้น และแบบจำลอง Modified Oswin (1946) ให้ค่าในการทำนายผลการทดลองได้ดีที่สุด โดยมีค่า R² เท่ากับ 0.995 ค่า SEE เท่ากับ 0.1385 และค่า RMSE เท่ากับ 0.1201

คำสำคัญ : ความชื้นสมดุล ฟักข้าว แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุล

¹ ผศ., ³ อ., ⁴ รศ.ดร., สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

² นิสิตปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

* Corresponding author: e-mail: marina@tsu.ac.th Tel. 0862987700

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

Abstract

The objective of this research was to study the equilibrium moisture content of baby jackfruit. The equilibrium moisture content was obtained by static method at temperature of 40 50 60 and 70 oC over a range of relative humidity from 0.1 to 0.9. The static method was used to investigate the equilibrium moisture content of baby jackfruit and 4 models of mathematical models equilibrium moisture content were used; Halsey (1948), Henderson (1952), Chung and Pfof (1967) and Modified Oswin (1946) , that comparison the results of the experiments. The results found that equilibrium moisture content were decreased, when temperature was increased at constant relative humidity, in contrast, at the same temperature the equilibrium moisture content was increased, when increased relative humidity, and Modified Oswin (1946) model was found to be the most stable prediction of the equilibrium moisture content values. The values of R^2 of 0.995, SEE of 0.1385 and RMSE of 0.1201.

Keywords : Equilibrium Moisture Content, Baby Jackfruit, Mathematical Models Equilibrium Moisture Content

บทนำ

ฟักข้าวมีชื่อสามัญที่เรียกกันโดยทั่วไป คือ แก้ก (gac) และมีชื่อภาษาอังกฤษ คือ baby jackfruit, cochinchin gourd, spiny bitter gourd และ sweet gourd ชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ Momordica cochinchinensis (Lour.) Spreng. นอกจากนี้มีชื่อท้องถิ่นอื่น ๆ อีก เช่น ชีกาเครือ (ปัตตานี) ผักข้าว (ตาก ภาคเหนือ) มะข้าว (แพร่) เป็นต้น ผลฟักข้าวมีลักษณะเป็นรูปไข่ค่อนข้างกลม ขนาดกว้าง 6-9 เซนติเมตร ยาว 10-14 เซนติเมตร ผิวมีหนามสั้นทั้งผล โดยเฉพาะผลอ่อนของฟักข้าวที่มีทั้งวิตามินซี แคลเซียม เหล็ก ไฟเบอร์ แต่สารอาหารที่พบมากในฟักข้าว คือ เบต้าแคโรทีน นอกจากนี้ได้มีการนำฟักข้าวมาปรุงอาหาร และทำการตากแห้งเพื่อนำไปใช้ในส่วนผสมของสมุนไพรในการรักษาโรคเบาหวาน

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content) [1] สำหรับการอบแห้ง ฟักข้าว ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่สำคัญของกระบวนการผลิตฟักข้าวแห้ง ความชื้นสมดุล คือ ความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่มีความดันไอเท่ากับความดันไอของอากาศที่อยู่รอบ ๆ ผลิตภัณฑ์นั้น ค่าความชื้นสมดุลขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และมีความสำคัญต่อกระบวนการอบแห้ง นั่นคือการบอกค่าปริมาณความชื้นน้อยที่สุดที่สามารถมีอยู่ในผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ ของสภาวะอากาศ [2] ในปัจจุบันได้มีการหาค่าความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ได้มีการหาความชื้นสมดุลของใบมะกรูด [3] การศึกษาหาความชื้นสมดุลของเห็ดขอนขาว [4] และการศึกษาหาความชื้นสมดุลของใบหม่อน [5] ซึ่งวิธีที่ยอมรับโดยทั่วไป คือวิธีสถิต (static method) [6] ดังนั้นสำหรับวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ คือ การศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสมดุลของฟักข้าว ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศต่าง ๆ กัน โดยวิธีสถิตเพื่อนำไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลและนำไปใช้ในกระบวนการอบแห้งต่อไป

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

วิธีการวิจัย

การหาความชื้นสมดุล

การหาความชื้นสมดุลของวัสดุหลักการ คือ ปล่อยให้วัสดุสัมผัสกับอากาศจนความชื้นของวัสดุไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา การหาความชื้นสมดุลนี้จะใช้วิธีสถิต ซึ่งเป็นวิธีการที่ปล่อยให้วัสดุสัมผัสกับอากาศในขณะที่ไม่มีการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยทำการทดลองในภาชนะปิดที่ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศให้คงที่ ซึ่งใช้สารละลายเกลืออิ่มตัวในการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ส่วนอุณหภูมิของอากาศจะถูกควบคุมด้วยตู้อบ

ผลฟักข้าวที่ใช้ในการศึกษานี้ นำมาจาก อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง มีความชื้นเริ่มต้น 150 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ซึ่งค่าความชื้นเริ่มต้นที่ใช้ในการทดลองทำการหาโดยการอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง [7]

นำผลฟักข้าวสดมาหั่นเป็นเป็นชิ้นบางๆ ขนาด 5x5x2 มิลลิเมตร แล้วนำไปวางบนตะแกรงภายในขวดแก้วปิดสนิทซึ่งบรรจุสารละลายเกลืออิ่มตัว 5 ชนิด คือ LiCl , MgCl₂ , NaCl , Mg(NO₃)₂ และ KNO₃ ชนิดละ 3 ขวด ซึ่งจะให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 นำขวดแก้วเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียสตามลำดับ และระหว่างการทดลองตัวอย่างชิ้นฟักข้าวจะถูกนำออกมาชั่งทุก ๆ 24 ชั่วโมง จนกระทั่งไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง จึงนำชิ้นฟักข้าวไปหาค่าความชื้นด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำข้อมูลค่าความชื้นสมดุลที่สัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์อากาศที่อุณหภูมิต่าง ๆ มาวิเคราะห์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุล 4 แบบ [8] คือ

ตารางที่ 1 ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ของสารละลายเกลืออิ่มตัว [9]

Temperature (°C)	Relative humidity (decimal)				
	LiCl	MgCl ₂ .6H ₂ O	Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	NaCl	KNO ₃
40	0.1121	0.3160	0.4842	0.7468	0.8903
50	0.1110	0.3054	0.4630	0.7443	0.8478
60	0.1095	0.2926	0.4544	0.7450	0.8478
70	0.1080	0.2770	0.3940	0.8478	0.8478

สมการของ Chung & Pfost (1967) [10] :

$$M_{eq} = \frac{1}{B} \ln A - \frac{1}{B} \ln[-R(T) \ln RH] \quad (1)$$

สมการของ Henderson (1952) [11] :

$$\ln \left[-\frac{1}{(T)} \ln(1 - RH) \right] = \ln A + B \ln M_{eq} \quad (2)$$

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

สมการของ Halsey (1948) [12] :

$$M_{eq} = \left[\frac{-A}{T \ln(RH)} \right]^{1/B} \quad (3)$$

สมการของ Modified Oswin (1946) [13] :

$$M_{eq} = (A + BT) \left[\frac{RH}{1 - RH} \right]^{1/C} \quad (4)$$

เมื่อ M_{eq} คือ ความชื้นสมดุล (%db.), RH คือความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (เศษส่วน), T คืออุณหภูมิ (K), R คือค่าคงที่ของแก๊ส เท่ากับ 8.314 kJ/kg.K และ A, B, C คือค่าคงที่ของสมการ

การหาค่าคงที่ของสมการที่ (1) - (3) ได้จากการนำผลการทดลองมาวิเคราะห์สมการถดถอยโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด ส่วนสมการที่ (4) ใช้วิธี nonlinear regression ทำการเปรียบเทียบสมการต่าง ๆ โดยใช้ค่า coefficient of determination (R^2) ค่า standard error of estimation (SEE) และค่า root mean square error (RMSE) สมการที่มีค่า R^2 สูงที่สุด และค่า SEE กับค่า RMSE ต่ำที่สุด ถือว่าเป็นสมการที่อธิบายผลการทดลองได้ดีที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดลองหาความชื้นสมดุลของฟักข้าวที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 0.1 ถึง 0.9 แสดงดังภาพที่ 1 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสมดุลกับค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศมีลักษณะเป็น sigmoid shape ซึ่งเป็นลักษณะเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์เกษตรอื่นๆ เช่น ถั่วเหลือง และพริก [8] เป็นต้น และพบว่าที่อุณหภูมิเดียวกันค่าความชื้นสมดุลจะขึ้นอยู่กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ โดยที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำจะทำให้ความชื้นสมดุลของฟักข้าวต่ำ และถ้าค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงขึ้นจะทำให้ความชื้นสมดุลของฟักข้าวสูงด้วย ทำให้การถ่ายเทความชื้นระหว่างฟักข้าวกับอากาศแวดล้อมได้น้อยกว่าที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อมต่ำกว่า เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อความชื้นสมดุลของฟักข้าวจะพบว่าที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าความชื้นสมดุลของฟักข้าวจะมีค่าลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากสภาวะการกระตุ้นที่สูงขึ้นเนื่องจากโมเลกุลของน้ำที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการลดลงของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำเมื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุล 4 แบบกับผลที่ได้จากการทดลองในแต่ละอุณหภูมิ แสดงดังภาพที่ 2-5 และค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลทั้ง 4 แบบ แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งจะพบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลของ Modified Oswin (1946) และ Henderson (1952) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองมากที่สุด มีค่า coefficient of determination (R^2) มากที่สุดและมีค่า standard error of estimation (SEE) และค่า root mean square error (RMSE) ต่ำกว่าอีก 2 แบบจำลอง แต่เนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลของ Henderson (1952) มีรูปแบบของสมการเป็นฟังก์ชันเอ็กซ์โปเนนเชียล เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์เพียงเล็กน้อยจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เปลี่ยนแปลงค่ามาก เมื่อพิจารณาแล้วแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลของ Modified Oswin (1946) จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการทำนายค่าความชื้นสมดุลของฟักข้าวที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศต่าง ๆ ซึ่งได้ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการทดลองกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลของ Modified Oswin (1946) ในแต่ละอุณหภูมิ แสดงดังภาพที่ 6

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

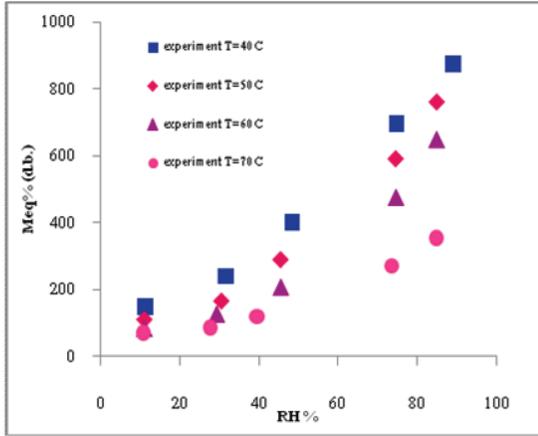
เมื่อ M_{eq} คือ ความชื้นสมมูล (%db.), RH คือความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (เศษส่วน), T คืออุณหภูมิ (K), R คือค่าคงที่ของแก๊ส เท่ากับ 8.314 kJ/kg.K และ A, B, C คือค่าคงที่ของสมการ

การหาค่าคงที่ของสมการที่ (1) - (3) ได้จากการนำผลการทดลองมาวิเคราะห์สมการถดถอยโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด ส่วนสมการที่ (4) ใช้วิธี nonlinear regression ทำการเปรียบเทียบสมการต่าง ๆ โดยใช้ค่า coefficient of determination (R^2) ค่า standard error of estimation (SEE) และค่า root mean square error (RMSE) สมการที่มีค่า R^2 สูงที่สุด และค่า SEE กับค่า RMSE ต่ำที่สุด ถือว่าเป็นสมการที่อธิบายผลการทดลองได้ดีที่สุด

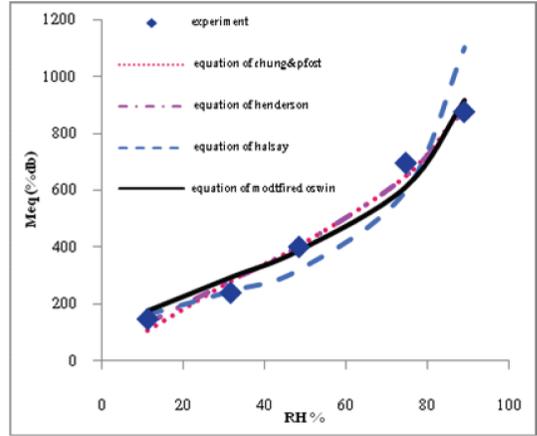
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดลองหาความชื้นสมมูลของฟักข้าวที่อุณหภูมิ 40, 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 0.1 ถึง 0.9 แสดงดังภาพที่ 1 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสมมูลกับค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศมีลักษณะเป็น sigmoid shape ซึ่งเป็นลักษณะเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น ถั่วเหลือง และพริก [8] เป็นต้น และพบว่าที่อุณหภูมิเดียวกันค่าความชื้นสมมูลจะขึ้นอยู่กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ โดยที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำจะทำให้ความชื้นสมมูลของฟักข้าวต่ำ และถ้าค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงจะทำให้ความชื้นสมมูลของฟักข้าวสูงด้วย ทำให้การถ่ายเทความชื้นระหว่างฟักข้าวกับอากาศแวดล้อมได้น้อยกว่าที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อมต่ำกว่า เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อความชื้นสมมูลของฟักข้าวจะพบว่าที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าความชื้นสมมูลของฟักข้าวจะมีค่าลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากสภาวะการกระตุ้นที่สูงขึ้นเนื่องจากโมเลกุลของน้ำที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการลดลงของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำเมื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมมูล 4 แบบกับผลที่ได้จากการทดลองในแต่ละอุณหภูมิ แสดงดังภาพที่ 2-5 และค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมมูลทั้ง 4 แบบ แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งจะพบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมมูลของ Modified Oswin (1946) และ Henderson (1952) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทดลองมากที่สุด มีค่า coefficient of determination (R^2) มากที่สุดและมีค่า standard error of estimation (SEE) และค่า root mean square error (RMSE) ต่ำกว่าอีก 2 แบบจำลอง แต่เนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมมูลของ Henderson (1952) มีรูปแบบของสมการเป็นฟังก์ชันเอ็กซ์โปเนนเชียล เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์เพียงเล็กน้อยจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เปลี่ยนแปลงค่ามาก เมื่อพิจารณาแล้วแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมมูลของ Modified Oswin (1946) จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการทำนายค่าความชื้นสมมูลของฟักข้าวที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศต่าง ๆ ซึ่งได้ผลการเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการทดลองกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมมูลของ Modified Oswin (1946) ในแต่ละอุณหภูมิ แสดงดังภาพที่ 6

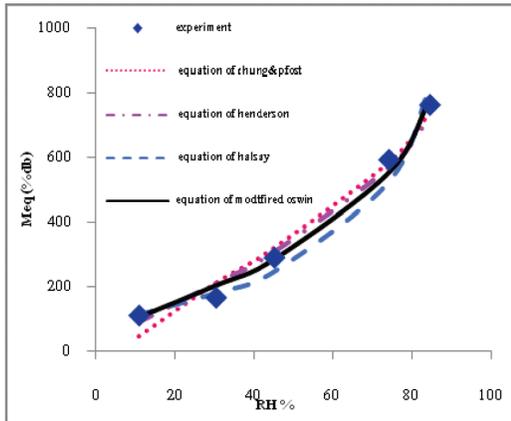
จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557



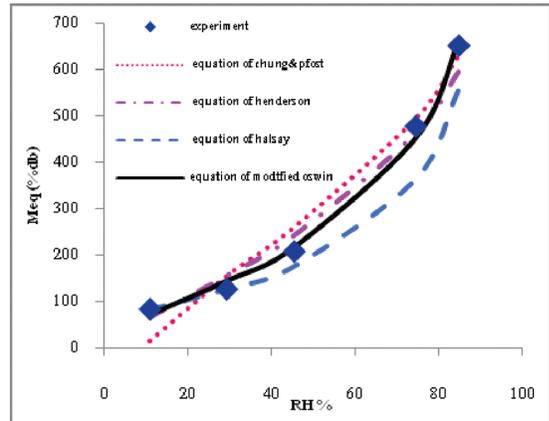
ภาพที่ 1 ความชื้นสมดุลของฟักข้าว



ภาพที่ 2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลกับผลการทดลองที่อุณหภูมิ 40°C

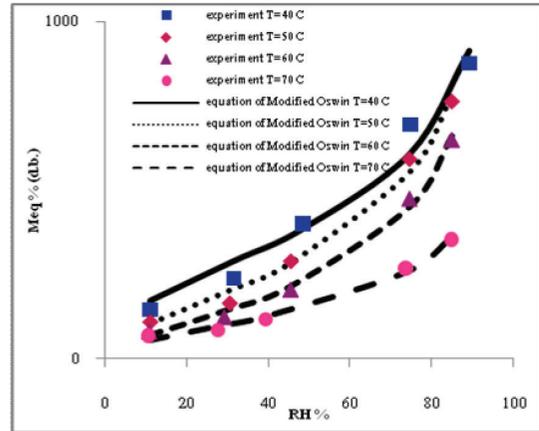
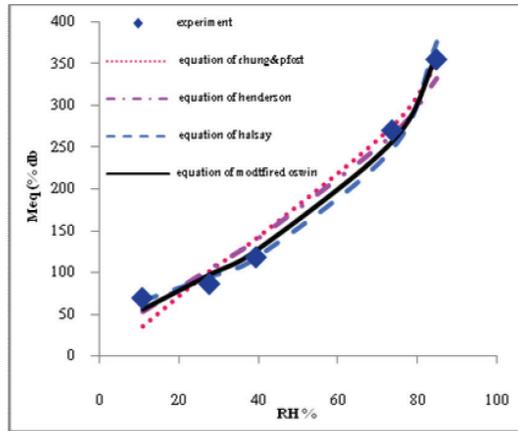


ภาพที่ 3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลกับผลการทดลองที่อุณหภูมิ 50°C



ภาพที่ 4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลกับผลการทดลองที่อุณหภูมิ 60°C

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557



ภาพที่ 5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุล
กับผลการทดลองที่อุณหภูมิ 70°C

ภาพที่ 6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลกับผล
ของ Modified Oswin (1946) กับผลการทดลอง

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุล

Equation	Parameter	Temperature			
		T = 40 °C	T = 50 °C	T = 60 °C	T = 70 °C
Chung & Pfost (1967)	A	8894.153	7161.390	6795.873	8935.520
	B	0.003791	0.003750	0.004383	0.008601
	R ²	0.985	0.976	0.965	0.971
	SEE	0.4397	0.5073	0.5435	0.2543
	RMSE	0.384615	0.442289	0.471570	0.220690
Henderson (1952)	A	2.18E-07	9.83E-07	1.91E-06	8.09E-07
	B	1.5305	1.3184	1.2509	1.5195
	R ²	0.989	0.990	0.987	0.980
	SEE	0.3580	0.2980	0.2945	0.1909
	RMSE	0.322410	0.333315	0.365883	0.198112
Halsey (1948)	A	1548814	319655.8	275956.9	3743 70
	B	1.5221	1.2955	1.3462	1.4835
	R ²	0.908	0.972	0.989	0.985
	SEE	1.3366	0.5688	0.2416	0.1811
	RMSE	1.297100	0.505170	0.728577	0.160148

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

Equation	Parameter	Temperature			
		T = 40 °C	T = 50 °C	T = 60 °C	T = 70 °C
Modified Oswin (1946)	A	747.7392	701.2714	624.8291	427.7517
	B	-1.1227	-1.2008	-1.1544	-0.7934
	C	0.3993	0.5329	0.5889	0.4878
	R ²	0.968	0.990	0.995	0.991
	SEE	0.6023	0.3252	0.2027	0.1385
	RMSE	0.555383	0.287426	0.176470	0.120171

สรุปผลการวิจัย

ความชื้นสมดุลของฟักข้าวจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศเดียวกัน ส่วนที่อุณหภูมิเดียวกันความชื้นสมดุลของฟักข้าวจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศเพิ่มขึ้น และจากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลรูปแบบต่าง ๆ กับผลการทดลอง พบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ความชื้นสมดุลของ Modified Oswin (1946) สามารถทำนายความชื้นสมดุลของฟักข้าวได้ดีที่สุด โดยมีค่า R² เท่ากับ 0.995 ค่า SEE เท่ากับ 0.1385 และค่า RMSE เท่ากับ 0.1201

เอกสารอ้างอิง

- [1] เทวรัตน์ ทิพย์วิมล และสมยศ เขียวอักษร. (2552). “ความชื้นสมดุลและจลนศาสตร์การอบแห้งไพล”, ใน การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 10 ประจำปี 2552, วันที่ 1-3 เมษายน 2552 ณ สุรสัมมนาการ ม.เทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา.
- [2] Shivhare, U.S., Arora, S., Ahmed., J. and Raghavan., G.S.V. (2004). Moisture sorption isotherms for mushroom. *Lebensm-Wiss. U.-Technol.* 37, 133-137.
- [3] วิชญวดี ศรีนุเคราะห์ สิงหนาท พวงจันทร์ และบรรศักดิ์ ลีนานนท์. (2550). การทำแห้งใบมะกรูดโดยเครื่องทำแห้งแบบถาดและเครื่องทำแห้งแบบลดความชื้นโดยใช้เครื่องสูบล. *ว. วิทย. กษ.* 38(5) (พิเศษ), 305-30.
- [4] ณัฐพล ภูมิสะอาด และละมุน วิเศษ. (2550). สมการอบแห้งชั้นบางและความชื้นสมดุลของเห็ดขอนขาว. *ว. วิทย. กษ.* 38(5) (พิเศษ), 361-364.
- [5] ณัฐพล ภูมิสะอาด ธนากร บุรนเพชร และเจริญพร เลิศสถิตยธนากร. (2546). “สมการจลนศาสตร์การอบแห้งใบหม่อน”, ใน การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17 ประจำปี 2546, วันที่ 15-17 ตุลาคม 2546 จังหวัดปราจีนบุรี.
- [6] Brooker, D.B., Bakker-Arkema, F.W. and Hall, C.W. (1981). *Drying Cereal Grains*. The AVI Publ. Co. Inc. Westport. Connecticut. USA. 265.
- [7] AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists. Washington. DC.
- [8] Aviara, N.A., Ajabola, O.O. and Oni, S.A. (2004). Sorption equilibrium and thermodynamic characteristics of soya bean. *Biosystems Engineering*. 87(2), 179-190.

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

- [9] Vulliod, M., Carlos, A. Marquez and Antonio De Michelis. (2004). Desorption isotherms for sweet and sour cherry. **Journal of Food Engineering.** 63, 15-19.
- [10] Chung, D.S. and Pfof, H.B. (1967). Adsorption and desorption of water vapor by cereal grains and their products. **Trans. of ASAE.** 10(4), 552-555.
- [11] Henderson, S.M. (1952). A basic concept of equilibrium moisture. **Agircultural.Eng.** 33(1), 29-32.
- [12] Halsey, G. (1948). Physical adsorption on non-uniform surface. **J. of Chem. Phys.** 16, 83-92.
- [13] Raji, A.O. and Ojediran, J.O. (2010). Moisture sorption isotherms of two varieties of millet. **Food and Byproducts Processing.** 1-7.