บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 3

Proceedings of the 3rd RMUTP Conference of Engineering and Technology

การศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนที่มีต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งและคุณภาพสีของฟักทองญี่ปุ่นผง

Effect Study of Hot Air on the Drying Kinetic and Color Quality of Japanese Pumpkin Powder

สุวิทย์ แพงกันยา[1] และ ริริศรา อิ่มภาประเสริฐ[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: suwit.p@rmutp.ac.th

[2]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 E-mail: rarisara.imp@mail.kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

สีเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการพิจารณาคุณภาพของผักและผลไม้อบแห้ง อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์อบแห้งมักมีสาเหตุมาจากสภาวะการอบแห้งที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง เนื่องจากการใช้อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งมีสีคล้ำได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนที่มีต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้ง และคุณภาพสีของฟักทองญี่ปุ่น การทดลองดำเนินการโดยใช้ฟักทองญี่ปุ่นแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70, 80 และ 90 °C จนกระทั่งตัวอย่างมีความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 4.0% ฐานแห้ง จากผลการทดลองพบว่า ฟักทองญี่ปุ่นที่อบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นมากกว่ากรณีการอบแห้งที่อุณหภูมิอื่นๆ ทำให้อัตราการอบแห้งสูงกว่า จึงส่งผลให้ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่า ในขณะที่ฟักทองญี่ปุ่นอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 °C ให้ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองมากกว่า แต่ค่าสีแดงต่ำกว่าฟักทองญี่ปุ่นผงที่ผ่านการอบแห้งที่สภาวะอื่นๆ สำหรับเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับผลิตฟักทองญี่ปุ่นอบแห้ง คือ การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 300 นาที

คำสำคัญ: จลนพลศาสตร์ของการอบแห้ง, ฟักทองญี่ปุ่นผง, สี

Abstract

Color is one of the key factors used to determine the quality of dried fruits and vegetables. However, the color changes of dried product is typically caused by improper drying conditions. Especially, the temperature of the hot air used for drying. Since the improper drying temperature can caused the chemical reactions that make the dried product has been tarnished. Therefore, this research aims to study the effect of hot air temperature on drying kinetics and the color of Japanese pumpkin. The experiments were conducted by using 1 mm thickness of Japanese pumpkin slices, dried with hot air at 60, 70, 80 and 90 °C until the moisture content was reduced to less than 4.0% dry basis. The results indicated that the moisture ratio of sample which dried at 90 °C has changed over other drying condition. As a result, the drying rate is higher and subsequently takes a shorter drying time. While the Japanese pumpkin dried at 70 °C shows higher lightness and yellowness but lower redness than other condition. The suitable condition for the production of dried Japanese pumpkin was drying at 70 °C for 300 minutes.

Keywords: drying kinetic, dried Japanese pumpkin, color

1. บทนำ

ฟักทองญี่ปุ่นเป็นพืชที่เจริญเติบโตในสภาพอากาศอบอุ่น โดยทั่วไปอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 18-24 °C และฟักทองญี่ปุ่นยังมีคุณค่าทางโภชนาการอาหารสูง เป็นแหล่งของ polysaccharides, active proteins, กรดอะมิโนจำเป็น [1], แร่ธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส แคลเซียม และมีสารเบต้าแคโรทีน ค่อนข้างสูง ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง เมล็ด ฟักทองช่วยป้องกันไม่ให้ต่อมลูกหมากโต ป้องกันและรักษาโรคนิ่ว ป้องกันโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง [2] ดังนั้นฟักทองญี่ปุ่นจึงเป็นที่ต้องการของท้องตลาดในธุรกิจอาหารสุขภาพเป็นอย่างมาก ซึ่งส่งผลให้มีการเพาะปลูกเพิ่มมากขึ้น รวมถึงปริมาณการเกิดของเสียจากชิ้นส่วนของฟักทองที่ไม่ได้มาตรฐานหรือชิ้นส่วนที่ไม่เป็นที่ต้องการของลูกค้ามากขึ้นด้วย เช่น เศษที่เหลือจากการตัดแต่ง และเยื่อภายในลูกฟักทองญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งของเสียเหล่านี้ก่อให้เกิดภาระด้านค่าใช้จ่ายกำจัด เนื่องจากเศษตัดแต่งจากฟักทองญี่ปุ่นมักจะมีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นการนำไปใช้ประกอบอาหารเพื่อรับประทานทั้งชิ้นจะทำให้ดูไม่น่ารับประทาน การนำเศษที่ได้จากการตัดแต่งฟักทองญี่ปุ่นมาทำให้อยู่ในรูปผงแห้งจะทำให้สามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบ

มากขึ้น เช่น ใช้ผสมกับแป้งอื่นๆ เพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบ ขนมขบเคี้ยว ซุป และอาหารเด็กอ่อน เป็นต้น

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันพบว่าภายหลังกระบวนการอบแห้งฟักทองญี่ปุ่นมักเกิดสีคล้ำ ซึ่งเกิดจากสภาวะที่ใช้ในการอบแห้งไม่เหมาะสม เช่น การใช้อุณหภูมิที่สูง หรือเวลาอบแห้งที่นานเกิดไป ซึ่งส่งผลอย่างมากต่อคุณภาพของฟักทองญี่ปุ่นอบแห้งที่ได้ รวมทั้งยังส่งผลกระทบต่อสีของผลิตภัณฑ์อาหารที่นำฟักทองญี่ปุ่นอบแห้งไปใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนที่มีต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งและคุณภาพสีของฟักทองญี่ปุ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อน เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งฟักทองญี่ปุ่นที่ส่งผลต่อคุณภาพด้านสีได้น้อยที่สุด

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองนี้คือเศษเหลือทิ้งจากกระบวนการตัดแต่งฟักทองญี่ปุ่น ได้แก่ เศษหัวท้ายที่ได้จากกระบวนการตัดแต่ง และเนื้อเยื่อภายในของฟักทอง โดยนำมาจากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับการเตรียมวัตถุดิบเริ่มต้นจากการนำฟักทองญี่ปุ่นมาหั่นเป็นแผ่นบางให้มีความหนา 1.0 มิลลิเมตร โดยฟักทองญี่ปุ่นดังกล่าวมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 427.8-571.6% ฐานแห้ง จากนั้นนำฟักทองญี่ปุ่นแผ่นที่เตรียมไว้อบแห้งด้วยลมร้อนจนกระทั่งตัวอย่างมีความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 4.0% ฐานแห้ง โดยความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายสามารถหาได้ตามวิธี AOAC [3] การอบแห้งตัวอย่างแต่ละครั้งใช้น้ำหนักประมาณ 150±1 กรัม

อัตราส่วนความชื้นของฟักทองญี่ปุ่นแผ่น (Moisture ratio; MR) คำนวณได้จากสมการ (1)

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (1)$$

เมื่อ

M_t คือ ความชื้นของฟักทองญี่ปุ่นที่เวลาใดๆ, kg/kg (ฐานแห้ง)

M_o คือ ความชื้นเริ่มต้นของฟักทองญี่ปุ่น, kg/kg (ฐานแห้ง)

M_e คือ ความชื้นสมดุลของฟักทองญี่ปุ่น, kg/kg (ฐานแห้ง)

2.2 อุปกรณ์

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นตู้อบลมร้อน (MEMMERT, รุ่น memmert-UNE/UFE, Germany) ดังแสดงในรูปที่ 1 ขนาดความจุ 53 ลิตร อบแห้งได้ครั้งละ 4 ถาด สามารถปรับตั้งอุณหภูมิในช่วง 40 °C – 250 °C มีค่าความถูกต้อง ±0.5 °C มีระบบถ่ายเทอากาศ Ventilation ภายในห้องตู้อบลมร้อน และการควบคุมเป็นแบบ LED (Digital Display)

รูปที่ 1 ตู้อบลมร้อน

2.3 วิธีการทดลอง

การทดลองอบแห้งฟักทองญี่ปุ่นแผ่นเริ่มต้นด้วยการเปิดตู้อบลมร้อนอุ่นอากาศให้ร้อนจนกระทั่งได้อุณหภูมิตามเงื่อนไขที่กำหนด จากนั้นนำฟักทองญี่ปุ่นแผ่นที่เตรียมไว้วางเรียงกันบนถาดสำหรับวางตัวอย่างภายในตู้อบลมร้อน การอบแห้งฟักทองญี่ปุ่นแผ่นด้วยลมร้อนดำเนินการที่อุณหภูมิ 60, 70, 80 และ 90 °C อบแห้งจนกระทั่งตัวอย่างเหลือความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 4.0% ฐานแห้งโดยน้ำหนักของวัสดุ ในขณะที่อบแห้งจะนำถาดบรรจุตัวอย่างออกมาชั่งน้ำหนักทุกๆ 30 นาที ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (Sartorius, model CP3202S, Germany) มีความถูกต้อง ± 0.01 กรัม โดยการทดลองแต่ละเงื่อนไขดำเนินการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

2.4 การทดสอบคุณภาพด้านสี

นำฟักทองญี่ปุ่นแผ่นที่อบแห้งตามวิธีในขั้นตอนที่ 2.3 มาบดให้เป็นผงละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช แล้วนำไปวัดค่าสีด้วยเครื่อง Colorimeter (HunterLab, ColorFlex, UK) ด้วยระบบการวัดสีแบบ CIE ซึ่งรายงานค่าเป็น L, a และ b โดยค่า L คือ ความสว่างของวัตถุ (0 ดำ , 100 ขาว) a คือ ค่าสีแดง/เขียว (+ แดง, - เขียว) และค่า b คือ ค่าสีเหลือง/น้ำเงิน (+ เหลือง, - น้ำเงิน) ก่อนเริ่มต้นวัดสีของตัวอย่างต้องสอบเทียบเครื่อง Colorimeter กับแผ่นสีมาตรฐานทั้งแผ่นสีดำและแผ่นสีขาวก่อนการทดลองทุกครั้ง ทำการทดสอบวัดสีของฟักทองญี่ปุ่นผงซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง

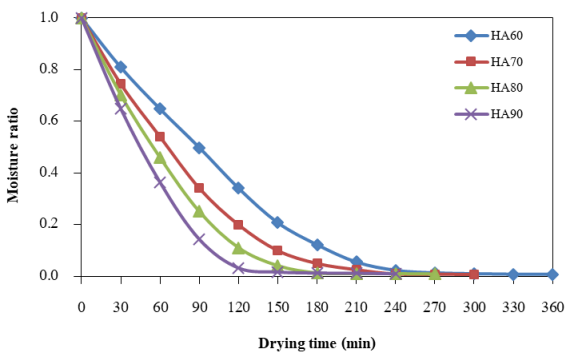
2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคุณภาพด้านค่าสีของฟักทองญี่ปุ่นผงนำมาวิเคราะห์ในทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple range test โดยใช้โปรแกรม SPSS ข้อมูลจากการทดลองนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อพิจารณาความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

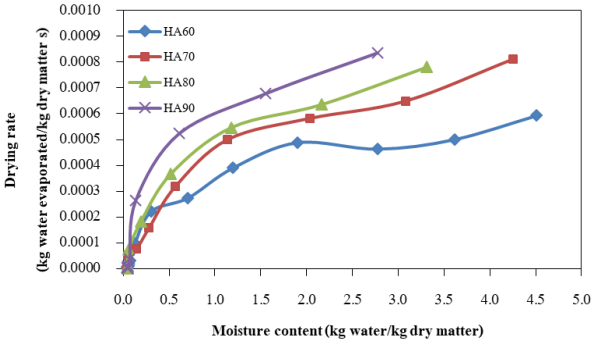
3. ผลการวิจัย

3.1 จลนพลศาสตร์ของฟักทองญี่ปุ่นแผ่นอบแห้ง

การศึกษาจลนพลศาสตร์ของฟักทองญี่ปุ่นแผ่นอบแห้งใช้ฟักทองญี่ปุ่นที่มีความชื้นเริ่มต้นระหว่าง 427.8-571.6% ฐานแห้ง อบแห้งด้วยลมร้อนจนตัวอย่างเหลือความชื้นไม่เกิน 4% ฐานแห้ง โดยจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งฟักทองญี่ปุ่นแผ่นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70, 80 และ 90 °C แสดงในรูปที่ 2 จากผลการทดลองพบว่า ฟักทองญี่ปุ่นแผ่นอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นมากกว่ากรณีการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80, 70 และ 60 °C ตามลำดับ เนื่องจากการใช้ลมร้อนที่มีอุณหภูมิสูง ช่วยเร่งให้ความชื้นที่อยู่ภายในวัสดุแพร่ออกอย่างรวดเร็ว [4, 5] ซึ่งเป็นการเพิ่มอัตราการถ่ายเทมวลของวัสดุให้ดีขึ้น ส่งผลให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3 จึงทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่ากรณีอื่น โดยฟักทองญี่ปุ่นแผ่นอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C ใช้เวลาในการอบแห้งเพียง 210 นาที ในขณะที่ฟักทองญี่ปุ่นแผ่นอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80, 70 และ 60 °C ใช้เวลาในการอบแห้ง 270, 300 และ 360 นาที ตามลำดับ



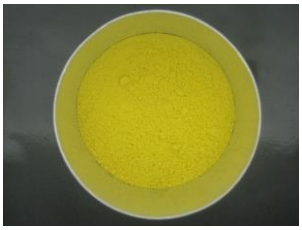
รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นของฟักทองญี่ปุ่นในขณะอบแห้งด้วยอากาศร้อนที่ระดับต่างๆ
[HA คือ การอบแห้งด้วยลมร้อน, 60 คือ อุณหภูมิอากาศร้อน (°C)]



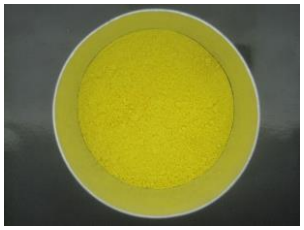
รูปที่ 3 อัตราการอบแห้งของฟักทองญี่ปุ่นในขณะอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ

3.2 สีของฟักทองญี่ปุ่นผง

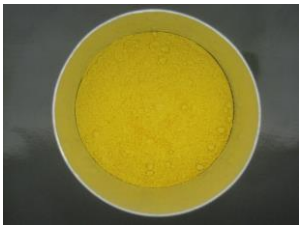
สีของฟักทองญี่ปุ่นผงที่ได้จากการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1 และรูปที่ 3 จากผลการทดลองพบว่า สีของฟักทองญี่ปุ่นผงอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C มีค่าความสว่างและค่าสีเหลือง (+b) มากกว่า แต่มีค่าสีแดง (+a) ต่ำกว่าฟักทองญี่ปุ่นแผ่นอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 90 °C โดยพบว่าสีของฟักทองญี่ปุ่นผงอบแห้งมีสีเหลืองอ่อน เนื่องจากตัวกลางในการอบแห้งมีอุณหภูมิไม่สูงมากนัก ทำให้ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ในวัสดุอบแห้งประเภทผักและผลไม้ ซึ่งมีปัจจัยสำคัญคือความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดขึ้นได้น้อยกว่า ในขณะที่ฟักทองญี่ปุ่นอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิสูง (80-90 °C) จะทำให้ฟักทองญี่ปุ่นแผ่นอบแห้งมีสีเข้มกว่า เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยมีเอนไซม์ได้มากกว่า [6] ทำให้ผลิตภัณฑ์ฟักทองญี่ปุ่นอบแห้งมีสีคล้ำมากที่สุด อย่างไรก็ตามแม้ว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C จะเป็นช่วงอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำ แต่เนื่องจากต้องใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่า ทำให้วัสดุอบแห้งต้องสัมผัสกับอากาศร้อนเป็นเวลานาน จึงส่งผลให้ฟักทองญี่ปุ่นอบแห้งมีสีคล้ำลงได้



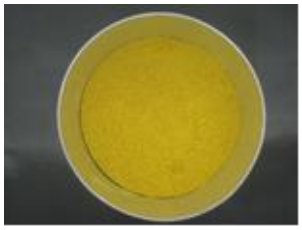
HA60



HA70



HA80



HA90

รูปที่ 4 สีของฟักทองญี่ปุ่นอบแห้งด้วยลมร้อนที่เงื่อนไขการอบแห้งต่างๆ

ตารางที่ 1 สีของฟักทองญี่ปุ่นผงอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ

Drying method	L	a	b	Drying time (min)
HA60	75.40±0.36^{b}	9.28±0.05^{b}	48.40±0.27^{c}	360
HA70	77.10±0.15^{c}	8.91±0.26^{a}	52.08±0.18^{d}	300
HA80	70.72±0.36^{a}	10.27±0.06^{c}	46.33±0.06^{b}	270
HA90	70.48±0.09^{a}	11.03±0.02^{d}	41.86±1.18^{a}	210

* ตัวอักษรยกที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงผลการทดลองที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. สรุป

การศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนที่มีต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งและคุณภาพสีของฟักทองญี่ปุ่นผงที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อน พบว่า การอบแห้งฟักทองญี่ปุ่นด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 90 $^{\circ}$C มีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นประสิทธิผลสูงกว่า ทำให้มีอัตราการอบแห้งสูงกว่า ส่งผลให้ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่ากรณีอบแห้งฟักทองญี่ปุ่นด้วยลมร้อนที่ระดับอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ในขณะที่ฟักทองญี่ปุ่นที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 $^{\circ}$C มีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าตัวอย่างที่อบแห้งที่สภาวะอื่นๆ และมีค่าสีแดงต่ำกว่าฟักทองญี่ปุ่นอบแห้งด้วยเงื่อนไขอื่น ฟักทองญี่ปุ่นผงที่ได้จากการทดลองนี้มีสีเหลืองสว่าง ซึ่งเป็นสีที่มีค่าใกล้เคียงกับฟักทองญี่ปุ่นสดมากที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากโครงการ Innovation Hub-Agriculture & Food เพื่อสร้างเศรษฐกิจฐานนวัตกรรมของประเทศตามนโยบายประเทศไทย 4.0 สัญญาเลขที่ 083/2560 และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] A. B. EI-Kalek, EI-Aziz Abd and H.H. Abd. Antimicrobial proteins and oil seeds from pumpkin (Cucurbita moschata). Nature and Science, Retrieved from http://www.sciencepub.net, pp. 1-15, 2011.

[2] ฐานข้อมูลพืชผัก บทความเกษตร, ฟักทองญี่ปุ่น, Retrieved from http://www.vegetweb.com, 2016.

[3] Association of Official Analytical Chemists Official Methods of *Analysis of the AOAC International*, 16th ed., Gaithersburg, MD., 1995.

[4] S. Tabtiang, S. Prachayawarakorn and S. Soponronnarit, “Effects of osmotic treatment and superheated steam puffing temperature on drying characteristics and texture properties of banana slices”, *Drying Technology*, Vol. 104, pp. 114-122, 2012.

[5] R. Thuwapanichayanan, S. Prachayawarakorn, J. Kunwisawa, and S. Soponronnarit, “Determination of effective moisture diffusivity and assessment of quality attributes of banana slices during drying”, *LWT-Food Science and Technology*, Vol. 44, pp. 1502-1510, 2011.

[6] S. Paengkanya, S. Soponronnarit, and A. Nathakaranakule, “Application of microwave for drying of durian chips”, *Food and Bioproducts Processing*, Vol. 96, pp.1-11, 2015.