

## ผลของอุณหภูมิการทำแห้ง มอลโตเด็กซ์ตรินและกัมอะราบิกต่อลักษณะทางเคมีกายภาพของฟักข้าวผงที่ผลิตโดยวิธีการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่

พรทิพย์ สุริยะจันทร์หอม<sup>1</sup>, มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงษ์<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 10520

ผู้เขียนติดต่อ: มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงษ์ E-mail: maradee.ph@kmitl.ac.th

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยมีแนวโน้มการปลูกฟักข้าวเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากฟักข้าวเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อย่างไรก็ตามนั้นฟักข้าวสดมีอายุการเก็บสั้น จำเป็นต้องมีการนำมาแปรรูปเพื่อยืดอายุการเก็บและสะดวกต่อการนำไปใช้หรือบริโภค ในงานวิจัยนี้ได้นำกรรมวิธีการทำแห้งแบบลูกกลิ้งมาประยุกต์ใช้ในการแปรรูปฟักข้าว โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญคือเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของปัจจัยการแปรรูปและศึกษาสมบัติของผลิตภัณฑ์ผง ได้กำหนดปัจจัยตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วย อุณหภูมิที่ผิวลูกกลิ้ง (115, 125, 135°C) ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน (100, 150, 200 % น้ำหนักของแห้งของฟักข้าวสด) และปริมาณกัมอะราบิก (10, 20, 30% น้ำหนักของแห้งของฟักข้าวสด) ใช้แผนการทดลองแบบ Box Behnken ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้นำมาวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ประกอบด้วย ค่าความชื้น ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ค่าความสามารถในการละลาย ค่าการดูดกลับความชื้น และปริมาณฟีนอลิกรวม ผลการทดลองที่ได้พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้งและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลให้ ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ค่าความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณความชื้นมีค่าลดลง ปริมาณกัมอะราบิกที่เพิ่มมีผลให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสีและค่าการดูดกลับความชื้นเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนปริมาณฟีนอลิกรวมที่ได้มีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.35 mg GAE g<sup>-1</sup> dry solid

คำสำคัญ: ฟักข้าว, การทำแห้งแบบลูกกลิ้ง, มอลโตเด็กซ์ตริน, กัมอะราบิก

## Effect of drying temperature, maltodextrin and gum arabic on physiochemical characteristics of Gac powder produced by double drum drying

Phornthip Suriyajunhom<sup>1</sup>, Maradee Phongpipatpong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Department of food engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520.

Corresponding author: Phornthip Suriyajunhom. E-mail: maradee.ph@kmitl.ac.th

### Abstract

An increasing trend has been observed in Gac fruit growing in Thailand due to its high nutritional contents. However, fresh gac fruit normally have a very short shelf life. Therefore, Food processing is necessary to extend the shelf life and bring about the usability of the product. In this study, drum drying was applied to convert fresh gac fruits into a dried form. The objective of the study was to determine the effect of processing conditions on physiochemical characteristics of gac powder obtained by using double drum dryer. The Box-Behnken design was employed to three processing conditions, including drum surface temperature (115, 125 and 135°C), the addition of maltodextrin (100, 150 and 200% of the weight of gac fruit solid), and the addition of gum arabic content (10, 20 and 30% of the weight of gac fruit solid). The dried gac powders was analyzed for its physiochemical characteristics such as, moisture content, the changing of color, solubility, hygroscopicity and total phenolic content. The results showed that increasing drying temperature and maltodextrin content provided an increase in, the Total color change, and solubility with a decrease in moisture. The addition of gum arabic resulted in an increase in the Total color change and hygroscopicity in the product. The highest content of the total phenolic compounds in the product was measured at 8.35 mg GAE g<sup>-1</sup> dry solid.

Keywords: Gac fruit, Drum drying, Maltodextrin, Gum arabic.

## 1. บทนำ

ฟักข้าว (*Momordica cochinchinensis* Spreng) เป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ เช่น แคโรทีนอยด์ กรดไขมัน วิตามินอี และสารประกอบฟีนอลิก (Kha et al, 2013) สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compound) ประกอบด้วย สารประกอบออกานิกที่มีกลุ่มไฮดรอกซิลบนวงแหวนอะโรมาติก มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ทำให้ฟักข้าวเป็นพืชที่มีความน่าสนใจที่ควรนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป (Banchog et al, 2010) ผลผลิตฟักข้าวสดที่ได้หลังการเก็บเกี่ยวโดยทั่วไปมีอายุการเก็บสั้น การนำฟักข้าวไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเป็นการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตทางการเกษตร (Kha et al, 2013) เทคนิคการแปรรูปผลไม้มีหลายวิธี ทั้งนี้ในการนำมาประยุกต์ใช้ขึ้นกับลักษณะของวัตถุดิบและรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ การทำแห้งจัดว่าเป็นเทคนิคหนึ่งที่ยอมรับกันมากในการแปรรูปอาหาร ผลิตภัณฑ์ที่ทำผ่านการทำแห้งนั้นมีความเสถียรเพิ่มขึ้นทั้งทางด้านกายภาพและชีวภาพ เนื่องจากมีปริมาณความชื้นลดลง ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานและสะดวกต่อการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อบริโภคหรือใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร เทคนิคการทำแห้งที่ใช้ในการแปรรูปผลไม้มีหลายวิธี เช่น การอบแห้งด้วยลมร้อน การทำแห้งแบบพ่นฝอย การทำแห้งแบบสุญญากาศ การทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เป็นต้น แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน (Gabas et al, 2007 ;Fazaeli et al, 2012 ;Henríquez et al, 2014) สำหรับการทำให้แห้งแบบลูกกลิ้งอาศัยหลักการทำให้อาหารเหลวหรืออาหารชื้นหนืดให้เป็นแผ่นฟิล์มบางบนผิวลูกกลิ้งที่มีอุณหภูมิสูงและหมุนในระหว่างการทำแห้ง น้ำในอาหารระเหยออก ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ผลิตภัณฑ์แห้งถูกขูดออกจากผิวลูกกลิ้งได้เป็นเกล็ดหรือแผ่นอาหารบางๆ สามารถนำไปลดขนาดเป็นผงแห้งต่อไปได้ จึงมีการนำเทคนิคการทำแห้งด้วยลูกกลิ้งนี้ไปใช้ในการแปรรูปผลไม้เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่ม สีสผสมอาหาร หรือสารปรุงแต่งกลิ่นรส แต่อย่างไรก็ตาม เทคนิคนี้ยังไม่ปรากฏการนำมาประยุกต์ใช้กับผลฟักข้าว ในงานวิจัยนี้จึงสนใจนำวิธีการทำแห้งแบบลูกกลิ้งมาประยุกต์ใช้กับผลฟักข้าว

ตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องต่อการทำแห้งประกอบด้วย ลักษณะและส่วนประกอบของวัตถุดิบ เช่น อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของวัตถุดิบ (Glass transition temperature) สภาวะในการทำแห้ง เช่น ความชื้นและอุณหภูมิในระหว่างการทำแห้งและอุปกรณ์การทำแห้งที่ใช้ (Bonazzi et al. 2011) มีรายงานการศึกษาความจำเป็นที่ต้องมีการใช้สารช่วยทำแห้งมาช่วยปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของอาหารให้เหมาะสมต่อการทำแห้ง เช่น มอลโตเด็คซ์ตริน กัมอาระบิก ซึ่งช่วยมีคุณสมบัติในการเพิ่มอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว โดยเฉพาะกับอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูง ช่วยลดปัญหาการเกาะจับกันเป็นก้อนในผลิตภัณฑ์แห้ง ทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิฟลายเออร์ช่วยในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและรักษากลิ่นรสของอาหาร (Gabas et al, 2007 ;Vidović et al, 2014)

จากการสำรวจงานวิจัยเกี่ยวกับการแปรรูปผลฟักข้าวพบว่า ในงานวิจัยส่วนใหญ่เลือกศึกษาการแปรรูปโดยใช้ส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด ฟักข้าว อาทิเช่น Kha et al (2010) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งและปริมาณมอลโตเด็คซ์ตริน ต่อลักษณะทางเคมีกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงดด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย Mai et al (2013) ศึกษาอุณหภูมิการทำแห้งแบบสุญญากาศและการทำแห้งแบบลมร้อนที่เหมาะสมต่อการรักษาปริมาณแคโรทีนอยด์และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์จากเยื่อหุ้มฟักข้าว Auisakchaiyoung and Rojanakom (2015) ศึกษาผลของปริมาณเมทิลเซลลูโลส ความหนาของโฟม เวลาที่ใช้ในการตีโฟมและอุณหภูมิในการทำแห้งต่อลักษณะเคมีกายภาพของเยื่อหุ้มฟักข้าวอบแห้ง อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการศึกษาการทำแห้งฟักข้าวผงดโดยใช้ส่วนเนื้อเยื่อและเนื้อผลด้วยวิธีการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เพื่อเป็นการนำไปประยุกต์ใช้กับผลฟักข้าวให้เกิดประโยชน์สูงสุดและลดการเลื้อยทิ้งในส่วนเนื้อของผลฟักข้าว ในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาถึงผลกระทบของปัจจัยการผลิตจากส่วนประกอบของฟักข้าวดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทำแห้งแบบลูกกลิ้งต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ฟักข้าวผงดที่ได้

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ฟักข้าวสดที่ใช้ในการทดลองเป็นฟักข้าวพันธุ์ผลกลม จากสวนดวงส้ม จังหวัดกาญจนบุรี มีลักษณะเปลือกเป็นสีส้มแดงทั่วทั้งผล เมล็ดมีสีดำ (อายุผลประมาณ 130-150 วัน) นำมาผ่าแยกใช้เฉพาะส่วนเนื้อผลและเยื่อหุ้มเมล็ด จากนั้นนำมาปั่นละเอียด ทำการพลาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 72°C นาน 15 s คนผสมกับสารช่วยทำแห้ง ได้แก่ มอลโตเด็คซ์ตริน ค่า DE 10 และกัมอะราบิก นำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18°C โดยการเก็บรักษาในตู้แช่แข็งก่อนนำเข้าสู่ขั้นตอนการทำแห้ง

### 2.2 การทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

การทำแห้งใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกกลิ้งเท่ากับ 30 cm ความยาวของลูกกลิ้งเท่ากับ 45 cm โดยใช้ไอน้ำเป็นตัวกลางให้ความร้อน(ความดันไอน้ำที่ใช้เท่ากับ 10, 20, 30 psig) กำหนดระยะห่างของลูกกลิ้ง 0.5 mm ความเร็วในการหมุนรอบลูกกลิ้ง 1 rpm นำวัตถุดิบผสมที่เตรียมไว้ป้อนเข้าเครื่องทำแห้ง โดยปรับค่าตัวแปรอิสระ ประกอบด้วย อุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง(°C) ปริมาณมอลโตเด็คซ์ตริน (%) และปริมาณกัมอะราบิก (%) ตามแผนการทดลอง จากนั้นนำไปวิเคราะห์สมบัติลักษณะฟักข้าวผงด (Figure 1)



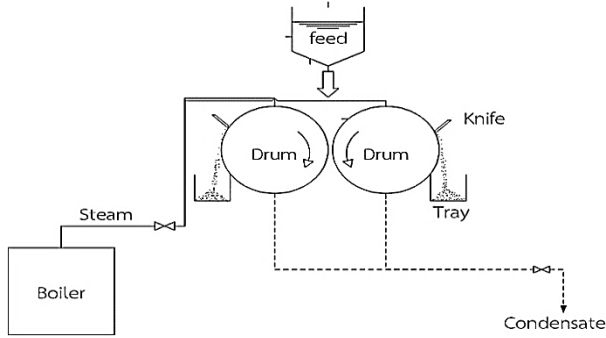


Figure 1 Diagram of drum drying process

### 2.3 วิเคราะห์สมบัติลักษณะทางเคมีกายภาพของฟักข้าวผง

#### 2.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (%)

การวิเคราะห์ความชื้นใช้วิธีการของ AOAC (1995) ซึ่งตัวอย่าง 3 g ลงในถ้วยอะลูมิเนียม นำไปอบด้วยตู้อบร้อนที่อุณหภูมิ 105°C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ทำซ้ำ 3 ซ้ำ คำนวณหาค่าปริมาณความชื้นจากสมการ (1)

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

โดย  $W_1$  = น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ (g)

$W_2$  = น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ (g)

#### 2.3.2 การวิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab (Color Flex EZ, UK) ในระบบ ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) เพื่อวัดค่าความสว่าง/ความมืด ( $L^*$ ) ค่าความเป็นสีแดง/สีเขียว ( $a^*$ ) ค่าความเป็นสีเหลือง/น้ำเงิน ( $b^*$ ) และคำนวณค่าความแตกต่างสีโดยรวม โดยสมการ (2)

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (2)$$

เมื่อ  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  คือพารามิเตอร์ของตัวอย่างฟักข้าวผง และ  $L_0^*$ ,  $a_0^*$ ,  $b_0^*$  คือพารามิเตอร์ของตัวอย่างฟักข้าวสด

#### 2.3.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย (%)

ความสามารถในการละลายน้ำของฟักข้าวผงวิเคราะห์ตามวิธีการของ Vidović et al (2014) ซึ่งตัวอย่างผง 2.5 g นำไปละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 30 ml จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยอัตราเร็ว 3,000 rpm นานเป็นเวลา 15 min แยกส่วนใสนำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C คำนวณหาค่าความสามารถในการละลาย ดังสมการ (3)

$$\text{การละลาย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสารละลายส่วนใสหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100 \quad (3)$$

#### 2.3.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดกลับความชื้น

( $g_{\text{water}} 100g^{-1} \text{ dry solid}$ )

ความสามารถในการดูดกลับความชื้นวิเคราะห์ตามวิธีการของ Bhusari et al (2014) วางตัวอย่าง 1 g ในถังที่บรรจุสารละลายโซเดียมคลอไรด์อิ่มตัว เป็นระยะเวลา 14 วัน คำนวณหาค่าการ

ดูดกลับความชื้นตามสมการที่ (4) รายงานเป็นหน่วย  $g_{\text{water}} 100g^{-1} \text{ dry solid}$

$$\text{ความสามารถการดูดกลับความชื้น} = \frac{\Delta m}{\frac{\Delta m}{m_i} + 1} \quad (4)$$

โดย  $m$  = มวลตัวอย่างเริ่มต้น (g)

$m_i$  = ความชื้นตัวอย่างเริ่มต้น (% wet basis)

$\Delta m$  = น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังเข้าสู่สมดุล (g)

### 2.3.5 การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม (mgGAE $g^{-1}$ )

วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-ciocalteu ตามวิธีการของ Yang et al. (2010) ซึ่งฟักข้าวผง 1 g นำไปละลายในน้ำกลั่น 21 ml นำไปเขย่า 30 min จากนั้นดูดส่วนใสของน้ำฟักข้าวมา 0.1 ml ผสมสารละลาย Folin-ciocalteu ปริมาตร 0.5 ml จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 20% ปริมาตร 1.5 ml บ่มที่อุณหภูมิ 40°C นาน 30 min นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 765 nm เทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ผลของการวัดอยู่ในรูปของ mgGAE  $g^{-1}$

### 2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบ Box-Behken design โดยแบ่งค่าตัวแปรอิสระออกเป็น 3 ระดับ ดังแสดงใน Table 1 ทำการทดลอง 3 ซ้ำที่ตำแหน่งกึ่งกลาง รวมการทดลองทั้งสิ้น 15 การทดลอง

Table 1 Box-Behken Design

Variables	Code level		
	-1	0	1
Drying Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ): $x_1$	115	125	135
Maltodextrin (%): $x_2$	100	150	200
Gum Arabic (%): $x_3$	10	20	30

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาผลกระทบของตัวแปรที่ศึกษาและสร้างเป็นสมการความสัมพันธ์แบบพหุนามอันดับสอง ดังสมการ (5)

$$= \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \sum_{i=1}^n \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \beta_{ij} X_i X_j \quad (5)$$

โดยที่  $Y$  = ค่าของสมบัติผลิตภัณฑ์ฟักข้าวผง

$X_i$  = ตัวแปรอิสระ ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง ( $^{\circ}\text{C}$ ) ปริมาณมอลโตเด็คซ์ตริน (%) และปริมาณกัมอะราบิก (%)

$\beta_0$  = สัมประสิทธิ์การถดถอยที่จุดตัดแกน  $Y$

$\beta_i, \beta_{ii}, \beta_{ij}$  = สัมประสิทธิ์การถดถอยในเทอมของ linear, quadratic และ interaction ตามลำดับ

### 3. ผลและวิจารณ์

#### 3.1 สมบัติของวัตถุดิบฟักข้าวสด

นำฟักข้าวสดไปวิเคราะห์สมบัติลักษณะทางเคมีกายภาพ พบว่ามีปริมาณเนื้อผลและเยื่อหุ้มเมล็ดคิดเป็น 49.41 % ของฟักข้าวผลสดทั้งหมด มีปริมาณความชื้น 90.26% มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 7.5 °Brix สำหรับค่าสีในตัวอย่างฟักข้าวสด พบว่า มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) เท่ากับ 35.92 ค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) เท่ากับ 39.76 และมีค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) เท่ากับ 36.64 ในส่วนของค่าความชื้นกรดต่างมีค่าเท่ากับ 6.27 และมีค่าฟีนอลิครวมเท่ากับ 6.52 mgGAE g<sup>-1</sup> dry solid

#### 3.2 สมบัติผลิตภัณฑ์ผง

ตัวอย่างฟักข้าวผงหลังจากการทำแห้งแบบลูกกลิ้งนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพต่างๆ ประกอบด้วย ปริมาณความชื้น ค่าการเปลี่ยนแปลงสี ค่าความสามารถการละลาย ค่าการดูดกลับความชื้น และค่าปริมาณฟีนอลิครวม ผลการทดลองถูกนำไปสร้างสมการความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานแสดงดัง Table 2

Table 2 Regression analysis.

Variables	Regression factor	Moisture content (%)	color difference	Solubility (%)	Hygroscopicity (g/100g)	Total phenolic (mgGAE g <sup>-1</sup> dry solid)
intercept	$\beta_0$	87.8439**	19.2372	-36.4979	-6.1373	-64.6842
X <sub>1</sub>	$B_1$	-1.1382*	-0.0651	0.9894	0.3221	0.9177
X <sub>2</sub>	$\beta_2$	-0.0630	-0.2080	-0.2209	-0.0749*	0.0255
X <sub>3</sub>	$\beta_3$	-0.1827	0.8865	1.3125	0.2016	0.5084
X <sub>1</sub> *X <sub>1</sub>	$\beta_{11}$	0.0036	-3.3×10 <sup>-5</sup>	-0.0025	-0.0009	-0.0024
X <sub>2</sub> *X <sub>2</sub>	$\beta_{22}$	1×10 <sup>-6</sup> *	-0.0002	-0.0007**	0.0002***	9.4×10 <sup>-5</sup>
X <sub>3</sub> *X <sub>3</sub>	$\beta_{33}$	-0.0016	-0.0066	0.0071	0.0025*	-0.0002
X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	$\beta_{12}$	0.0004	0.0025	0.0038**	4×10 <sup>-5</sup>	-0.0006
X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>	$\beta_{23}$	0.0002	-0.0001	0.0005	-0.0006**	0.0001
X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	$\beta_{13}$	0.0016	-0.0041	-0.0126*	-0.0014	-0.0041
	R- square	0.9476	0.8133	0.9883	0.9794	0.8207
	standard error	0.3573	2.0366	1.0032	0.2064	0.9613
	p-value	0.0102**	0.1714	0.0002***	0.0010***	0.1581

Note: X1 is Drying temperature (°C), X2 is Maltodextrin content (%) and X3 is Gum arabic content (%)

Significances of p-value  
 \*\*\* significant difference at p < 0.01  
 \*\* significant difference at p < 0.05  
 \* significant difference at p < 0.1

#### 3.2.1 ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์

ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ฟักข้าวผงมีค่าระหว่าง 1.84-4.93% ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งและผลของปริมาณมอลโตเด็คซ์ตรินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณความชื้นมากที่สุดจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งและปริมาณมอลโตเด็คซ์ตรินต่อปริมาณความชื้นของฟักข้าวผง (Figure 2) พบว่าปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งและปริมาณมอลโตเด็คซ์ตรินมีค่าสูงขึ้น ในทำนองเดียวกัน ปริมาณกัมมอระบิกที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าปริมาณความชื้นลดลงเล็กน้อย ผลการทดลองมีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาการผลิตขนุนผงโดยวิธีการทำแห้งแบบลูกกลิ้งและการผลิตน้ำแดงโสมผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็งและการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Pua et al, 2010; Oberoi and Sogi 2015) การใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่สูงขึ้นทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนมวลและความร้อนได้ดีขึ้นและการใช้ปริมาณสารช่วยทำแห้งที่เพิ่มขึ้นเป็นการเพิ่มปริมาณของแข็งให้กับ

วัตถุดิบ ปริมาณน้ำที่ระเหยลดลง จึงส่งผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าลดลง

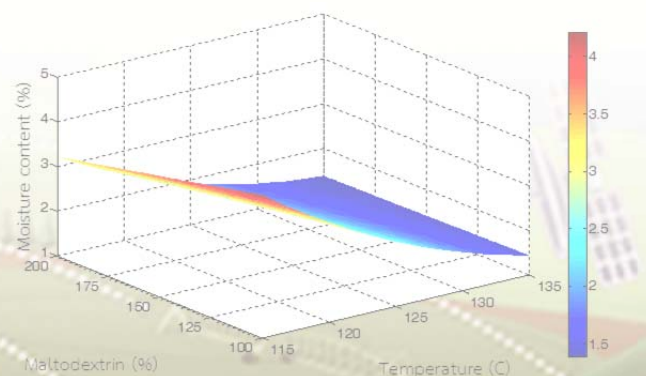


Figure 2 Moisture content of Gac powder on various drying temperature and maltodextrin content at gum arabic as 20%.



### 3.2.2 ค่าการเปลี่ยนแปลงสี

จากการเปรียบเทียบค่าสีระหว่างฟักข้าวสดและฟักข้าวผงพบว่าค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) ของฟักข้าวผงมีค่าลดลง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 26.16-31.62 และค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของฟักข้าวผงมีค่าเพิ่มขึ้นมีค่าอยู่ระหว่าง 52.14-64.07 ซึ่งค่าความสว่างส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีมากที่สุด เมื่อคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสีระหว่างตัวอย่างฟักข้าวสดและฟักข้าวผงพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีอยู่ระหว่าง 21.08-33.32 จากกราฟความสัมพันธ์ของปัจจัยการทำแห้งต่อค่าการเปลี่ยนแปลงสี (Figure 3) พบว่าการใช้ปริมาณมอลโตเด็คซ์ตรินและอุณหภูมิการทำแห้งที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความแตกต่างสีเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณกัมอะราบิกส่งผลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงสีเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ผลการทดลองมีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการทำแห้งอื่น เช่น การศึกษาการผลิตฟักข้าวผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยและการศึกษาการผลิตน้ำมะขามผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Kha et al, 2010; Bhusari et al, 2014) เนื่องจากการใช้ปริมาณสารช่วยทำแห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นและค่าความเป็นสีแดงลดลง เนื่องจากสีธรรมชาติของสารช่วยทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสี

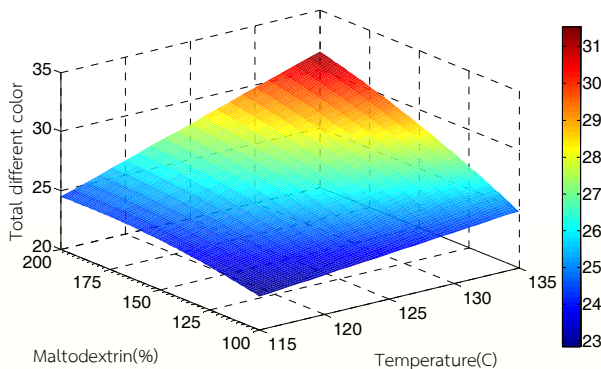


Figure 3 Total color change of Gac powder on various drying temperature and maltodextrin content at gum Arabic content as 20%.

### 3.2.3 ค่าความสามารถในการละลาย

ค่าความสามารถในการละลายของฟักข้าวผงมีค่าอยู่ในระหว่าง 57.57-76.28% ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการละลายมากที่สุด คือ ปัจจัยร่วมระหว่างปริมาณมอลโตเด็คซ์ตรินซ้กับอุณหภูมิการทำแห้ง Figure 4 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้งและปริมาณมอลโตเด็คซ์ตรินมีผลให้ค่าความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์ผงสูงขึ้น ส่วนปริมาณกัมอะราบิกไม่ส่งผลต่อค่าความสามารถในการละลายมากนัก ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาการผลิตเครื่องเทศผงและน้ำมัลเบอร์รี่ผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยเนื่องจาก สารมอลโตเด็คซ์ตรินและกัมอะราบิกมีสมบัติการละลายน้ำที่ดี การใช้อุณหภูมิการทำแห้งที่สูง ทำให้ผลิตภัณฑ์ผงมีลักษณะพรุน

มากขึ้น ช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสน้ำมากขึ้น การละลายจึงดีขึ้น (Vidovic et al, 2014 ; Fazaeli et al, 2012)

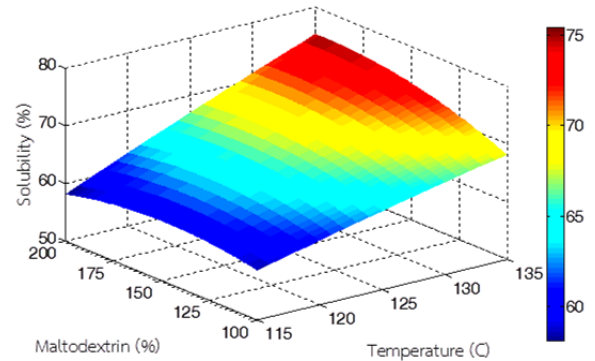


Figure 4 Solubility of Gac powder on various drying temperature and maltodextrin content at gum Arabic as 20%

### 3.2.4 ความสามารถในการดูดความชื้นกลับ

ค่าการดูดกลับความชื้นของผลิตภัณฑ์ฟักข้าวผงมีค่าอยู่ระหว่าง 13.14-16.28  $\frac{g_{water}}{100g_{dry\ solid}}$  โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าการดูดกลับความชื้นมากที่สุดได้แก่ ปริมาณมอลโตเด็คซ์ตริน จาก Figure 5 พบว่าการใช้ปริมาณมอลโตเด็คซ์ตรินที่มากขึ้นมีผลทำให้ค่าการดูดกลับความชื้นมีแนวโน้มต่ำลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Bhusari et al (2014) ซึ่งได้ทดลองใช้สารช่วยทำแห้งในอาหารในการผลิตมะขามผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่า การใช้ปริมาณมอลโตเด็คซ์ตรินที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าการดูดกลับความชื้นต่ำลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ผงที่มีปริมาณมอลโตเด็คซ์ตรินมากทำให้อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วสูงขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการดูดกลับความชื้นของผลิตภัณฑ์ผงมีค่าต่ำลง

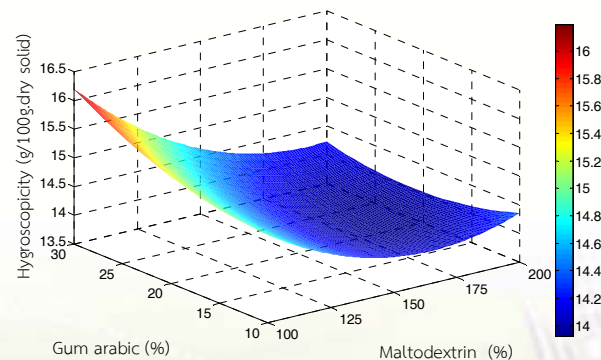


Figure 5 Hygroscopicity of Gac powder on various maltodextrin content and gum Arabic content at drying temperature as 125°C

### 3.2.5 ปริมาณฟีนอลิครวม

จากการวิเคราะห์ค่าฟีนอลิครวมในฟักข้าวผงพบว่าค่าอยู่ระหว่าง 3.27-8.35  $mgGAE\ g^{-1}$  ปัจจัยที่มีผลต่อค่าฟีนอลิครวมมากที่สุด คือ ผลของอุณหภูมิการทำแห้งและปริมาณมอลโตเด็คซ์ตรินตามลำดับ จากภาพความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระต่อค่าปริมาณฟีนอลิครวม (Figure 6) พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการทำแห้ง

สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าปริมาณฟีนอลิครวมสูงขึ้น ขณะที่การเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลให้ค่าปริมาณฟีนอลิครวมต่ำลง ผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาการทำแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวด้วยการทำแห้งแบบอื่น เช่น การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน การทำแห้งแบบบ่ม ความร้อนและการทำแห้งโดยใช้ไมโครเวฟ (Trirattanapikul and Phoungchandang, 2016) ซึ่งพบว่าปริมาณฟีนอลิครวมมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิการทำแห้งและกำลังวัตต์ของไมโครเวฟสูงขึ้น เนื่องจากความร้อนเป็นปัจจัยที่เร่งปฏิกิริยาการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกจากโครงสร้างเซลล์

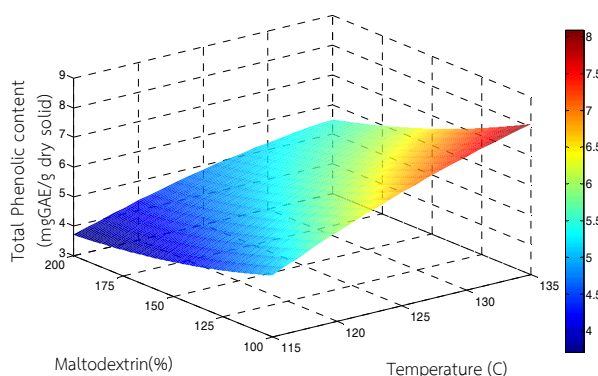


Figure 6 Total phenolic content of Gac powder on various drying temperature and maltodextrin content at gum Arabic as 20%.

#### 4. สรุป

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินและปริมาณกัมอะราบิกในการผลิตฟักข้าวผงด้วยวิธีการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ฟักข้าวผง สรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อลักษณะทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ฟักข้าวผงมากที่สุด คือ ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน อุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง และปริมาณกัมอะราบิกตามลำดับ โดยการเพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้งและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินมีผลให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสีและความสามารถในการละลายของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณความชื้นมีค่าลดลง ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณกัมอะราบิกที่เพิ่มมีผลให้ค่าการเปลี่ยนแปลงสีและค่าการดูดกลับความชื้นของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตฟักข้าวผงได้แก่ การใช้อุณหภูมิจากการทำแห้ง 125°C ใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน 110% และปริมาณกัมอะราบิก 20% ผลิตภัณฑ์ฟักข้าวผงที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เนื่องจากมีค่าปริมาณฟีนอลิครวมใกล้เคียงกับปริมาณฟีนอลิครวมในฟักข้าวสดและมีสมบัติทางเคมีกายภาพที่เหมาะสม

#### 5. เอกสารอ้างอิง

AOAC., 1995, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 16th ed., The Association of Official Agricultural Chemists, Virginia.

- Auisakchaiyoung, T. and Rojanakorn, T. 2015. Effect of foam-mat drying conditions on quality of dried Gac fruit (*Momordica cochinchinensis*) aril. *international Food Research Journal* 22(5), 2025-2031.
- Banchog, Y., Haruthaithanasan, M., Haruthaithanasan, K. and Haruthaithanasan, V. 2010. 'Growth Performance and Productivity of Gac (*Momordica cochinchinensis* (Lour.) Spreng.) Thai and Vietnam Provenance in the First Year', *Agricultural Sci. J* 41, 1-4
- Bonazzi, C. and Dumoulin, E. modern drying technology. 2011, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z. Ashtari, A.K. and Omid, M. 2012. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and Bioprocess Processing* 90(4), 667-675.
- Gabas, A.L., Telis, V.R.N, Sobrai, P.J.A., Romeo-Telis, J. 2007. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. *Journal of Food Engineering* 82, 246-252.
- Henriquez, C., Cordova, A., Almonacid, S. and Saavedra, J. 2014. Kinetic modeling of phenolic compound degradation during drum-drying of apple peel by-products. *Journal of Food Engineering* 143, 146-153.
- Kha, T.C., Nguyen, M.H., Roach, P.D., Parks, S.E and Stathopoulos, C. 2013. Gac Fruit: Nutrient and Phytochemical Composition, and Options for Processing. *Food Reviews International* 29(1), 92-106.
- Mai, H.C., Truong, V., Hant, B. and Debaste, F. 2013. Impact of limited drying on *Momordica cochinchinensis* Spreng. aril carotenoids content and antioxidant activity. *Journal of Food Engineering* 118(4), 358-364.
- Oberoi, D.P.S. and Sogi, D.S. 2015. Effect of drying methods and maltodextrin concentration on pigment content of watermelon juice powder. *Journal of Food Engineering* 165, 172-178.
- Pua, C.K., Hamid, N.S.A, Tan, C.P, Mirhosseini, H., Rasman, R.B.A and Rusul, G. 2010. Optimization of drum drying processing parameters for production of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) powder using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology* 43(2), 343-349.



- Tirattanakul, W. and S. Phoungchandang. 2016. Influence of Different Drying Methods on Drying Characteristics, Carotenoids, Chemical and Physical Properties of Gac Fruit Pulp (*Momordica cochinchinensis* L.). *International Journal of Food Engineering* 12(4), 395-409.
- Vidović, S.S., Vladoić, J.Z., Vastag, Z.G., Zeković, Z.P. and Popović, L.M. 2014. Maltodextrin as a carrier of health benefit compounds in *Satureja montana* dry powder extract obtained by spray drying technique. *Powder Technology* 258, 209-215.
- Yang, J, Gadi, R., Paulino, R., Thomson, T. 2010. Total phenolics, ascorbic acid, and antioxidant capacity of noni (*Morinda citrifolia* L.) juice and powder as affected by illumination during storage. *Food Chemistry* 122(3), 627-632.

