

ผลของสภาวะการทำแห้งและสารช่วยทำแห้งต่อลักษณะคุณภาพน้ำผึ้งดอกลำไยผงที่ได้จากการทำแห้ง

แบบสุญญากาศ

Effect of Drying Condition and Drying Aids on Quality Characteristics of Longan Honey

Powder Obtaine from Vacuum Drying.

มาศวจา ชูรัตน์ (Maswaja Choorat)* วรณช ศรีเจษฎารักษ์ (Voranut Srijesdaruk)**

บทคัดย่อ

น้ำผึ้งลำไยเป็นน้ำหวานของดอกลำไย ซึ่งมีฟรุคโตส และกลูโคสที่เป็นน้ำตาลหลักและมีซูโครสรวม 79% เมื่อเก็บน้ำผึ้งเป็นเวลานานที่อุณหภูมิห้องจะเกิดการตกผลึกเองทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ จึงสนใจศึกษาผลของสภาวะและสารช่วยทำแห้งต่อคุณภาพน้ำผึ้งดอกลำไยผงที่อบแห้งด้วยวิธีอบแห้งแบบสุญญากาศ พบว่า การทำแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 100 ชั่วโมง จะทำให้ได้น้ำผึ้งผงที่มีความชื้นร้อยละ 0.43 และมีปริมาณไฮดรอกซีเมทิลฟอรัฟรัล (HMF) 15.50 มิลลิกรัม ต่อน้ำผึ้งผง 1 กิโลกรัม การอบแห้งแบบสุญญากาศที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 100 ชั่วโมง ร่วมกับการเติมสารช่วยทำแห้ง พบว่าสามารถสร้างพื้นที่ตอบสนองของซูโครส กลูโคสและร้อยละของผลผลิตเป็นสมการเส้นตรง สำหรับสภาวะสารช่วยทำแห้งที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพตามมาตรฐาน คือ การใช้มอลโทเดกซ์ทริน กลีเซอรอลโมโนสเตียเรท และไตรแคลเซียมฟอสเฟต ในปริมาณร้อยละ 30 1.5 และ 0.79 ตามลำดับ

ABSTRACT

Longan honey was sweet from of longan flower. It contains fructose and glucose as the predominant and 79% sucrose which has a tendency to crystallize spontaneously at cool temperature, making them less appealing to the consumer. This research aimed to study effect of drying condition and drying aids on quality characteristics of vacuum dried longan honey. It was found that honey powder obtaine from vacuum drying at 70°C for 100 hrs. had 0.43% moisture content and 15.50 mg hydroxymethylfurfural per 1 kg honey powder. Vacuum drying of honey with drying aids at 70°C for 100 hrs. gave out the response surface of sucrose, glucose and yield as linear model. Drying aids providing the highest production and standard quality were maltodextrin, glyceryl monostearate and tricalcium phosphate at 30, 1.5 and 0.79 % respectively.

คำสำคัญ: น้ำผึ้งผง วิธีอบแห้งแบบสุญญากาศ ไฮดรอกซีเมทิลฟอรัฟรัล

Key Words: honey, powder vacuum drying method, Hydroxymethylfurfural

*นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

น้ำผึ้ง คือน้ำหวานที่ผึ้งเก็บมาจากตอมน้ำหวานของดอกไม้ โดยผึ้งจะกลืนน้ำหวานลงสู่กระเพาะน้ำหวาน ซึ่งมีเอนไซม์ช่วยย่อยแล้วเก็บในหลอดรวงผึ้ง จากนั้นน้ำผึ้งจะค่อยๆ บ่มตัวเองโดยการระเหยน้ำออกกระทั่งน้ำผึ้งมีปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับการเก็บรักษา เรียกน้ำผึ้งนี้ว่า “น้ำผึ้งสุก” น้ำผึ้งประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 20 น้ำตาลชนิดต่างๆ เช่น กลูโคส ฟรุคโตส และเลวูโลส ประมาณร้อยละ 79 โดยมีปริมาณฟรุคโตสมากกว่ากลูโคสเล็กน้อย มีรสเปรี้ยวเล็กน้อยโดยกรดที่พบมาก คือ กรดกลูโคนิก มีวิตามิน (ไรโบเฟลวิน ไนอะซิน) เอนไซม์ และแร่ธาตุ (แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส) ประมาณร้อยละ 0.5 (ลักษณะและนิธิยา, 2544) น้ำผึ้งที่ดีควรมีความชื้น และหนืดพอสมควร ไม่ควรมีน้ำเกินร้อยละ 21 เพราะจะทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตและทำลายคุณค่าของน้ำผึ้งได้ นอกจากนี้ควรมีสัตตตามธรรมชาติตั้งแต่สีเหลืองอ่อนถึงสีน้ำตาลใส ไม่ขุ่นทึบ มีกลิ่นหอมของน้ำผึ้งและดอกไม้ตามแหล่งที่มา โดยปกติพืชที่ใช้ผลิตน้ำผึ้งมีหลายชนิด แต่ที่นิยมคือ ลำไย ลิ้นจี่ และสาลี่ น้ำผึ้งลำไยนับเป็นน้ำผึ้งที่มีรสหอมหวานเป็นพิเศษเหนือกว่าน้ำผึ้งจากพรรณไม้อื่นทั้งหมด ปราศจากกาก ไขผึ้งหรือเศษตัวผึ้งปะปน รวมทั้งวัสดุต่างๆ แขนงลอยอยู่ ปราศจากกลิ่น รส ที่ไม่พึงประสงค์ หรือกลิ่นบูดเปรี้ยว และไม่มีฟอง (ไทยลานนาฟาร์มผึ้ง, 2555)

น้ำผึ้งเมื่อเก็บไว้ในช่วงเวลานึง หรือ เก็บไว้ในอุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานอาจทำให้มีการตกผลึกเอง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555) จากปัญหาการตกผลึกของน้ำผึ้งเหลวทำให้ผู้บริโภคเข้าใจผิดว่าเป็นน้ำผึ้งปลอม จึงมีความสนใจการผลิตน้ำผึ้งในรูปแบบผงโดยที่ยังมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกับน้ำผึ้งเหลว ซึ่งสามารถยืดระยะเวลาการเก็บรักษาได้นานและเพิ่มความสะดวกในการบริโภคและการนำไปใช้มากขึ้น และการเติมสารช่วยทำแห้ง จะช่วยทำให้น้ำผึ้งผงที่ได้มีความคงตัวมากขึ้น โดยสภาวะที่เหมาะสมของการทำน้ำผึ้งผง คือการเติมมอลโทเดกซ์ทริน (0.429 -0.55 กก./กก.น้ำผึ้งผง)

BMP18-2

glycerol monostearate (0.0121-0.0157 กก./กก.น้ำผึ้งผง) และtricalciumphosphate (0.0147 - 0.0156 กก./กก.น้ำผึ้งผง) (Sahu, 2008) โดยทำการศึกษาสภาวะในการทำแห้งและสารช่วยทำแห้งต่อคุณภาพน้ำผึ้งดกลำไยผงที่อบแห้งด้วยวิธีทำแห้งแบบสุญญากาศ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณน้ำตาล กรดอะมิโน และ ปริมาณไฮดรอกซีเมทิลเฟอรูล (Hydroxymethylfurfural; HMF) ของน้ำผึ้งดกลำไย
2. เพื่อศึกษาสภาวะในการทำแห้งและสารช่วยทำแห้งต่อคุณภาพน้ำผึ้งดกลำไยผงที่ทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแบบสุญญากาศ

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

นำน้ำผึ้งดกลำไยที่ผ่านการ Homogenize แล้วจากบริษัท Chiangmai Healthy Product Co., Ltd. เก็บในถุงพลาสติกในอุณหภูมิเย็นกับโพลีเอทิลีนที่ปิดสนิทให้แน่นและเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องซึ่งไม่มีแสง

2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำผึ้งลำไย

ศึกษาสมบัติทางเคมี โดยวิเคราะห์ชนิดและปริมาณน้ำตาล และกรดอะมิโน ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography ตามวิธี Srijesadaruk and Pittalit (2008) วิเคราะห์ปริมาณ HMF โดยดัดแปลงจากวิธีของ Licht and others (1992) และวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ศึกษาสมบัติทางกายภาพ โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยดัดแปลงวิธีวิเคราะห์จากวิธีของ AOAC (1995) ค่าวอเตอร์แอกติวิตีและค่าสี ($L^* a^* b^*$)

3. ศึกษาการทำแห้งน้ำผึ้งแบบไม่มีและมีสารช่วยทำแห้งโดยวิธีการการทำแห้งแบบสุญญากาศ

3.1 ศึกษาการทำแห้งน้ำผึ้งผงโดยวิธีการทำแห้งแบบสุญญากาศ

นำตัวอย่างน้ำผึ้งมาอบแห้งแบบสุญญากาศ โดยใช้ น้ำผึ้ง 40 กรัม เกลี่ยบนถาดให้มีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร แล้วนำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศา

เซลล์เชื้อเพลิง ที่ความดัน 1000 มิลลิบาร์ ใช้เวลาอบแห้ง 70 80 90 100 และ 110 ชั่วโมง ออกแบบการทดลองแบบ 2×5 Factorial in Completely Randomized Design (Factorial in CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ คัดเลือกสภาวะ ตามมาตรฐานน้ำผึ้งผง (มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 4 และมีปริมาณ HMF ต่ำกว่ามาตรฐาน คือไม่เกิน 80 มิลลิกรัม ต่อน้ำผึ้ง 1 กิโลกรัม (ประกาศกระทรวง สาธารณสุข, 2543)

3.2 ศึกษาการทำแห้งน้ำผึ้งผงแบบเต็มสารช่วยทำ ให้แห้งโดยวิธีการทำแห้งแบบสูญญากาศ

นำตัวอย่างน้ำผึ้งมาทำแห้งแบบสูญญากาศ โดย เต็มสารช่วยทำแห้ง คือ มอลโทเดกซ์ทริน (a) ร้อยละ 8 ถึง 30 กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (b) ร้อยละ 1.5 ถึง 5 และ ไตรแคลเซียมฟอสเฟต (c) ร้อยละ 0.3 ถึง 1 ไปทำ แห้งแบบสูญญากาศตามสภาวะที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว จากข้อ 3.1 โดยออกแบบการทดลองแบบ CCD (Central Composite Design) ทดลองซ้ำจุดตรงกลาง 3 ซ้ำ จำนวนการทดลอง 17 การทดลอง ดังตารางที่ 1 การ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้วิธีการวิเคราะห์พื้นผิว ตอบสนอง (Response Surface Analysis) เพื่ออธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสภาวะการทำแห้ง คือ ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต และ ไตรแคลเซียมฟอสเฟต กับคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ผง โดยมีรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ทั้งแบบสมการ กำลังสองและแบบสมการเส้นตรง ดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$y = \beta_0 + \beta_1 a + \beta_2 b + \beta_3 c + \beta_{11} a^2 + \beta_{22} b^2 + \beta_{33} c^2 + \beta_{12} ab + \beta_{13} ac + \beta_{23} bc \quad (1)$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 a + \beta_2 b + \beta_3 c \quad (2)$$

เมื่อ β_0 = จุดตัด (Intercept)

β_1 = ค่าสัมประสิทธิ์จากผลเชิงเส้นตรง ของ a

β_2 = ค่าสัมประสิทธิ์จากผลเชิงเส้นตรง ของ b

β_3 = ค่าสัมประสิทธิ์จากผลเชิงเส้นตรง ของ c

β_{12} = ค่าสัมประสิทธิ์จากผลของปฏิกริยาสัมพันธ์ ab

β_{13} = ค่าสัมประสิทธิ์จากผลของปฏิกริยาสัมพันธ์ ac

β_{23} = ค่าสัมประสิทธิ์จากผลของปฏิกริยาสัมพันธ์ bc

β_{11} = ค่าสัมประสิทธิ์จากผลเชิงเส้นโค้ง ของ a

β_{22} = ค่าสัมประสิทธิ์จากผลเชิงเส้นโค้ง ของ b

β_{33} = ค่าสัมประสิทธิ์จากผลเชิงเส้นโค้ง ของ c

สำหรับคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ผงที่ศึกษา คือ สมบัติทาง กายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ค่า สี (L^* , a^* , b^*) ความสามารถในการละลาย ความ หนาแน่นอนุภาค (Barbosa-Cánovas & Juliano, 2005) และความหนาแน่นทั้งหมด (Jinapong and others, 2008) สมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณ HMF ชนิดและ ปริมาณน้ำตาล กรดอะมิโน ปริมาณแคลเซียม และร้อยละ ผลผลิต (%yield) จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้พื้นที่ตอบสนอง เพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสม

ตารางที่ 1 การออกแบบการทดลองแบบ CCD (Central Composite Design)

Treat ment	Run	% Malto dextrin	% Glycerol monostearate	% Tricalcium phosphate
9	1	0.52	3.25	0.65
10	2	37.48	3.25	0.65
12	3	19	6.19	0.65
13	4	19	3.25	0.06
1	5	8	1.5	0.3
11	6	19	0.31	0.65
17	7	19	3.25	0.65
14	8	19	3.25	1.24
8	9	30	5	1
6	10	30	1.5	1
16	11	19	3.25	0.65
4	12	30	5	0.3
15	13	19	3.25	0.65
2	14	30	1.5	0.3
7	15	8	5	1
5	16	8	1.5	1
3	17	8	5	0.3

4. ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี ของน้ำผึ้งผงที่ผลิตจากสภาวะที่คัดเลือกได้

ผลิตน้ำผึ้งผงจากสภาวะที่คัดเลือกได้จากข้อ 3 โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์จากนั้นนำมาศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี เพื่อยืนยันความถูกต้องของสมการ

ผลการวิจัย

1. สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำผึ้งลำไย

น้ำผึ้งลำไยบริสุทธิ์มีปริมาณความชื้นร้อยละ 13.76 ปริมาณซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส ร้อยละ น้ำหนักแห้ง 8.27 39.89 และ 44.32 ตามลำดับหรือมีน้ำตาลทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ(น้ำหนักแห้ง) 92.48 หรือมีน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ(น้ำหนักน้ำผึ้ง) 79.75 มีปริมาณสารHMF 2.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณแคลเซียม 5.30 มิลลิกรัม/100 กรัมของน้ำหนักน้ำผึ้งแห้ง และค่าความสว่าง (L^*) สีแดง-เขียว (a^*) และเหลือง-น้ำเงิน (b^*) เป็น 80.12 3.90 และ 55.63 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 และปริมาณกรดอะมิโน ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยมี proline มากที่สุดคือ 0.0083 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำผึ้ง น้ำหนักแห้ง และมีปริมาณ กรดอะมิโนทั้งหมด 0.016 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำผึ้ง น้ำหนักแห้ง

2. การทำแห้งน้ำผึ้งแบบไม่เติมสารช่วยทำแห้งโดย

วิธีการทำแห้งแบบสูญญากาศ

การทำแห้งน้ำผึ้งผงโดยวิธีการทำแห้งแบบสูญญากาศโดยไม่มีการเติมสารช่วยทำแห้ง พบว่าอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งมีผลต่อปริมาณความชื้นและค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) ในเกือบทุกสภาวะการทดลอง ยกเว้นที่สภาวะการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 70 ชั่วโมง โดย น้ำผึ้งอบแห้งที่ได้จะมีความชื้นต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด (ต่ำกว่าร้อยละ 4) มีค่า a_w ต่ำกว่า critical threshold ของ osmophilic yeasts ($a_w = 0.61 - 0.62$) (Zamora and others, 2005) และเมื่ออุณหภูมิและเวลาทำแห้งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณ HMF เพิ่มขึ้น แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด

BMP18-4

(80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ดังตารางที่ 4 น้ำผึ้งที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะมีลักษณะที่แห้ง บดเป็นผงได้ง่าย และดูความชื้นกลับช้ากว่าน้ำผึ้งที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากลักษณะและสมบัติดังกล่าว จึงเลือกใช้การอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 100 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 ความชื้น ชนิดและปริมาณน้ำตาล HMF ค่าสี ($L^* a^* b^*$) และปริมาณแคลเซียมของน้ำผึ้งลำไยบริสุทธิ์

Quality	Volume
ความชื้น (%)	13.76 ± 0.43
ซูโครส (%น้ำหนักแห้ง)	8.27 ± 0.04
กลูโคส (%น้ำหนักแห้ง)	39.89 ± 0.45
ฟรุคโตส (%น้ำหนักแห้ง)	44.32 ± 0.35
HMF(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	2.95 ± 0.01
L^*	80.12 ± 0.28
a^*	3.90 ± 0.07
b^*	55.63 ± 0.09
Ca (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	5.30 ± 0.16

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของน้ำผึ้งลำไยบริสุทธิ์

Amino acid	amino acid content (mg/100 g of honey in dry basis)
alanine	0.00120 ± 0.0002
histidine	0.00270 ± 0.0004
glutamine	0.00210 ± 0.0002
gaba	0.00062 ± 0.0001
glutamic	0.00047 ± 0.0001
proline	0.00830 ± 0.0008
valine	0.00034 ± 0.0001
leucine	0.00031 ± 0.0000
ปริมาณทั้งหมด	0.016

ตารางที่ 4 ปริมาณความชื้น a_w และ HMF หลังการอบแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

Temperature (°C)	Time (hrs.)	Moisture (%)	a_w	HMF (ppm)
60	70	2.72±.20 ^a	0.35±.00 ^a	9.92±.05 ^{bb}
	80	1.26±.14 ^b	0.34±.00 ^b	9.84±.05 ^{bb}
	90	0.67±.13 ^{cd}	0.33±.00 ^c	10.65±.47 ^{bb}
	100	0.42±.02 ^e	0.30±.01 ^d	10.63±.56 ^{bb}
	110	0.36±.03 ^e	0.28±.01 ^{fg}	13.13±.33 ^{ab}
70	70	0.88±.01 ^c	0.29±.00 ^{de}	15.08±.15 ^{ba}
	80	0.68±.11 ^{cd}	0.29±.01 ^{def}	14.42±.33 ^{ca}
	90	0.48±.02 ^e	0.28±.00 ^{efg}	15.24±.21 ^{ba}
	100	0.43±.02 ^e	0.27±.00 ^g	15.50±.35 ^{ba}
	110	0.39±.03 ^e	0.22±.01 ^h	17.54±.13 ^{aA}

a, b,... ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงถึงค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้น a_w HMF ในน้ำผึ้งลำไยอบแห้ง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A, B,... อักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว แสดงถึงผลของอุณหภูมิต่อค่าเฉลี่ยปริมาณ HMF ในน้ำผึ้งลำไยอบแห้ง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. การทำแห้งน้ำผึ้งแบบเติมสารช่วยทำแห้งโดยวิธีการทำแห้งแบบสุญญากาศ

จากผลการทดลองการทำแห้งใน 17 สภาวะพบว่า น้ำผึ้งแห้งที่ได้ มีปริมาณความชื้น น้ำตาล และ HMF ดังตารางที่ 5 มีชนิดและปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด ดังตารางที่ 6 โดยจะเห็นว่าปริมาณน้ำตาล และปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดของน้ำผึ้งที่ได้ มีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกรดอะมิโนของน้ำผึ้งก่อนการทำแห้ง เนื่องจากกรดอะมิโนและน้ำตาลบางส่วนทำปฏิกิริยาเกิดเป็น HMF และมีสมบัติทางกายภาพ และร้อยละผลผลิต ดังแสดงในตารางที่ 7 และจากผลการวิเคราะห์ผลทางสถิติ (ANOVA) ดังตารางที่ 8 ได้สมการทางคณิตศาสตร์ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์แห้งกับสภาวะการทำแห้ง ในรูปแบบของสมการเส้นตรง คือสมการทำนาย

BMP18-5

ปริมาณซูโครส กลูโคส และสมการทำนายร้อยละผลผลิตของน้ำผึ้ง โดยสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์แห้งกับสภาวะการทำแห้ง แสดงดังสมการที่ (3) (4) และ (5) ตามลำดับ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.7542 0.9123 และ 0.7731 ตามลำดับ

$$\text{ซูโครส} = +7.10084 - 0.034006a - 0.031662b - 7.62414 \times 10^{-3}c \quad (3)$$

$$\text{กลูโคส} = +39.32147 - 0.27431a - 0.31066b - 0.26135c \quad (4)$$

$$\text{ร้อยละผลผลิต} = +84.0000 + 0.15706a - 1.13049b - 0.92294c \quad (5)$$

จากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการคัดเลือก เมื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์โดยการสร้างกราฟ พื้นที่ตอบสนองเพื่ออธิบายผลกระทบของค่าตัวแปรสภาวะการทำแห้งต่อปริมาณซูโครส กลูโคส และร้อยละผลผลิตของน้ำผึ้ง (จะได้กราฟค่าแสดงในรูปภาพที่ 1 2 และ 3)

จากสมการ (3) และ (4) และรูปภาพที่ 1 และ 2 แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน กลีเซอรอล โมโนสเตียเรท และไตรแคลเซียมฟอสเฟต มีผลทำให้ปริมาณซูโครส และกลูโคสลดลง ตามลำดับ และจากสมการ (5) และรูปภาพที่ 3 พบว่า การเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน มีผลทำให้ร้อยละผลผลิตของน้ำผึ้งเพิ่มมากขึ้น แต่การเพิ่มปริมาณกลีเซอรอล โมโนสเตียเรท และไตรแคลเซียมฟอสเฟตจะส่งผลให้ร้อยละผลผลิตของน้ำผึ้งมีค่าลดลง โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าสังเกตทั้ง 3 มากที่สุด คือ ปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน ตามด้วยกลีเซอรอล โมโนสเตียเรท และไตรแคลเซียมฟอสเฟต ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ความชื้น ชนิดและปริมาณน้ำตาล และ
ปริมาณ HMF ของน้ำผึ้งที่มีการเติมสาร
ช่วยทำแห้ง

Treat ment	Sucrose (%)	Glucose (%)	Fructose (%)	HMF (ppm)
9	7.49	39.56	43.58	41.15
10	6.02	28.79	28.13	10.37
12	6.15	31.60	34.83	24.46
13	6.24	31.66	35.76	24.63
1	6.73	36.37	30.41	22.02
11	6.45	33.49	37.31	29.25
17	6.16	31.47	35.55	27.95
14	6.01	31.05	34.68	24.44
8	6.16	29.64	28.99	10.01
6	6.12	30.94	33.95	9.61
16	6.19	32.71	36.05	11.69
4	5.86	29.88	32.48	9.76
15	6.30	33.12	36.54	13.58
2	5.99	31.18	34.36	12.16
7	6.60	35.68	39.11	15.67
5	6.74	36.81	40.27	16.86
3	6.69	35.87	39.55	18.74

ตารางที่ 6 ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดของน้ำผึ้งที่มี
การเติมสารช่วยทำแห้ง

Treat ment	amino acid content (mg/100 g of honey in dry basis)
9	0.0122
10	0.0100
12	0.0100
13	0.0120
1	0.0120

BMP18-6

ตารางที่ 6 ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมดของน้ำผึ้งที่มี
การเติมสารช่วยทำแห้ง (ต่อ)

Treat ment	amino acid content (mg/100 g of honey in dry basis)
11	0.0110
17	0.0110
14	0.0140
8	0.0090
6	0.0070
16	0.0070
4	0.0080
15	0.0080
2	0.0080
7	0.0090
5	0.0120
3	0.0120

จากสมการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 สมการ ทำให้ได้
สถานะที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของสมการทาง
คณิตศาสตร์ คือ การเติมมอลโทเดกซ์ทริน (a) ร้อยละ
30 กลีเซอรอล โมโนสเตียเรท (b) ร้อยละ 1.5 และ ไตร
แคลเซียมฟอสเฟต (c) ร้อยละ 0.79

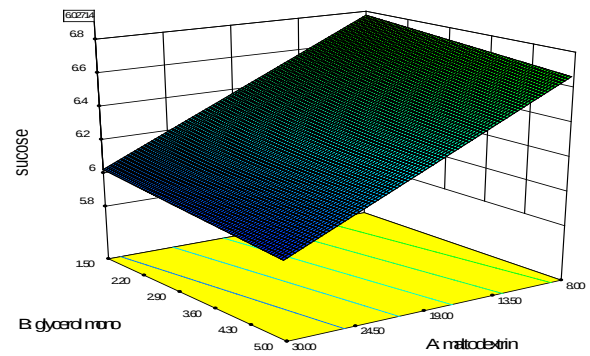
จากการทดสอบความถูกต้องของสมการทาง
คณิตศาสตร์ที่ทำแห้งน้ำผึ้งโดยเติมมอลโทเดกซ์ทริน
ร้อยละ 30 กลีเซอรอลโมโนสเตียเรท ร้อยละ 1.5 และ
ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ร้อยละ 0.79 จากนั้นทำแห้งแบบ
สุญญากาศที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 100
ชั่วโมง พบว่า ค่าคุณภาพด้านต่างๆที่ได้จากการทดลอง
มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ทำนายได้ด้วยสมการทาง
คณิตศาสตร์ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่า
สมการทางคณิตศาสตร์นี้ มีความเหมาะสมในการใช้
อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

พนักกับสภาวะการทำแห้งน้ำผึ้งผงดด้วยการทำแห้งแบบ
สุญญากาศ

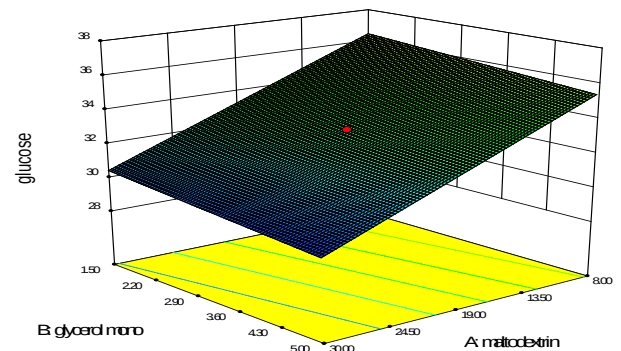
อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

น้ำผึ้งลำไยบริสุทธิ์ที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 13.78 ปริมาณน้ำตาลโดยรวมประมาณร้อยละ 90 มีปริมาณฟรุคโตสมากกว่ากลูโคสเล็กน้อยและปริมาณสาร HMF น้อยกว่า 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการผลิตน้ำผึ้งผงดด้วยวิธีการทำแห้งแบบสุญญากาศ โดยไม่เติมสารช่วยทำแห้ง มีสภาวะการอบแห้ง คือ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 100 ชั่วโมง แต่น้ำผึ้งผงดที่ได้มีอนุภาคนขนาดใหญ่ และดูดกลับความชื้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจาก น้ำผึ้งประกอบไปด้วยฟรุคโตสปริมาณมาก โดยมีอยู่มากกว่าร้อยละ 40 ซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี และดูดความชื้นกลับได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการผลิตน้ำผึ้งผงด จึงควรมีการเติมสารช่วยทำแห้ง เพื่อช่วยลดการดูดกลับความชื้น โดยพบว่า การเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน มีผลทำให้ปริมาณซูโครส กลูโคส ลดลงแต่ร้อยละผลผลิตของน้ำผึ้งผงดเพิ่มมากขึ้น แต่การเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลโมโนสเตียเรทและไตรแคลเซียมฟอสเฟตจะส่งผลให้ปริมาณซูโครส กลูโคส ร้อยละผลผลิตของน้ำผึ้งผงดลดลง สำหรับสภาวะการอบแห้ง ที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพตามมาตรฐาน คือ มอลโทเดกซ์ทริน กลีเซอรอลโมโนสเตียเรท และไตรแคลเซียมฟอสเฟต ปริมาณร้อยละ 30 1.5 และ 0.79 ตามลำดับ และจากการทดสอบความเหมาะสมของสมการทางคณิตศาสตร์ พบว่า ค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ทำนายด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ แสดงให้เห็นว่า สมการทางคณิตศาสตร์นี้ มีความเหมาะสมในการใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำผึ้งผงดกับสภาวะการทำแห้งน้ำผึ้งผงดด้วยการทำแห้งแบบสุญญากาศ

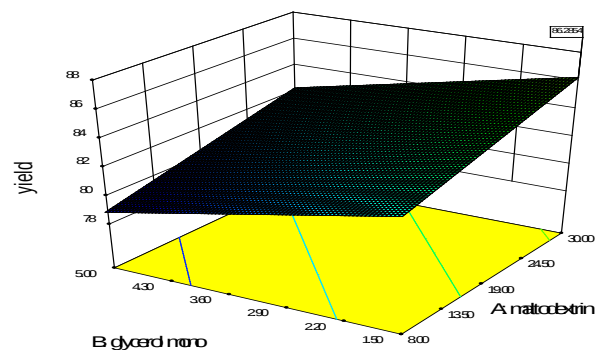
BMP18-7



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างมอลโทเดกซ์ทริน กลีเซอรอลโมโนสเตียเรท ต่อปริมาณน้ำตาลซูโครสของน้ำผึ้งผงด



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างมอลโทเดกซ์ทริน กลีเซอรอลโมโนสเตียเรท ต่อปริมาณน้ำตาลกลูโคสของน้ำผึ้งผงด



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างมอลโทเดกซ์ทริน กลีเซอรอลโมโนสเตียเรท ต่อร้อยละผลผลิตของน้ำผึ้งผงด

ตารางที่ 7 สมบัติทางกายภาพ และร้อยละผลผลิตของน้ำผึ้งที่มีการเติมสารช่วยทำแห้ง

Treatment	a_w	Moisture (%)	Solubility (%)	Bulk density (g/ml)	Particle density (g/ml)	Yield (%)
9	0.25±0.00	0.77±0.02	92.37±0.50	na	na	80.252
10	0.22±0.01	0.56±0.03	93.37±0.82	0.828±0.01	2.23±0.02	84.489
12	0.26±0.00	0.46±0.00	93.48±0.16	na	na	79.576
13	0.23±0.00	0.57±0.02	92.84±0.00	na	na	82.233
1	0.23±0.00	0.85±0.02	91.94±0.52	na	na	82.831
11	0.26±0.00	0.64±0.02	92.32±0.58	na	na	86.248
17	0.27±0.00	0.61±0.00	91.99±0.78	na	na	82.553
14	0.26±0.00	0.76±0.00	89.69±0.76	na	na	82.906
8	0.22±0.00	0.56±0.02	91.96±0.40	0.809±0.00	2.19±0.01	82.782
6	0.24±0.01	0.61±0.01	91.38±0.80	0.742±0.00	2.18±0.01	85.285
16	0.23±0.01	0.60±0.00	92.09±0.30	na	na	83.316
4	0.26±0.00	0.43±0.00	91.34±0.34	0.725±0.01	2.14±0.00	82.054
15	0.26±0.00	0.60±0.02	91.58±0.49	na	na	80.001
2	0.23±0.00	0.50±0.03	88.75±0.83	0.834±0.00	2.12±0.00	90.364
7	0.23±0.00	0.91±0.02	89.04±0.98	na	na	79.743
5	0.26±0.00	0.95±0.02	90.31±0.74	na	na	81.669
3	0.25±0.00	0.72±0.02	91.19±0.00	na	na	79.773

na หมายถึงไม่สามารถวัดได้

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ผลทางสถิติ (ANOVA) ของ
น้ำผึ้งที่มีการเติมสารช่วยทำแห้ง

Variable	sucrose	glucose	%Yield
R^2	0.7542	0.9123	0.7731
R^2 adjusted	0.6975	0.8921	0.7207
Pred R-Squared	0.5588	0.8481	0.6153
Prob > F	0.0003	< 0.0001	0.0002
Std. Dev.	0.22	0.79	1.47
Coefficient of variance	3.49	2.96	1.78
PRESS	1.14	21.40	47.60
Adequate precision	11.722	21.469	11.305

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าสังเกตที่ได้จากการ
ทดลอง และที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ
ทางคณิตศาสตร์

ตัวแปร	ค่าจากการ ทดลอง	ค่าจากการ ทำนาย
ความชื้น (%) ^{ns}	0.56±0.00	0.57
ร้อยละผลผลิต ^{ns}	85.86±1.00	86.30
ซูโครส (%) ^{ns}	6.11±0.07	6.03
กลูโคส (%) ^{ns}	30.26±0.01	30.42
ฟรุคโตส (%) ^{ns}	33.42±0.40	34.46
HMF (mg/kg) ^{ns}	12.32±0.41	13.64

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าสังเกตที่ได้จากการ
ทดลอง และที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ
ทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

ตัวแปร	ค่าจากการ ทดลอง	ค่าจากการ ทำนาย
a_w^{ns}	0.24±0.00	0.24
Solubility (%) ^{ns}	90.69±0.64	91.51
Bulk density (g/ml) ^{ns}	0.69±0.01	0.58
Particle density (g/ml) ^{ns}	1.95±0.06	1.59
L^* ^{ns}	70.73±0.29	70.40
a^* ^{ns}	3.04±0.00	3.04
b^* ^{ns}	29.58±0.55	28.35

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงาน
กองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่ายสนับสนุนการ
วิจัยในอุตสาหกรรม และบริษัท Chiangmai Healthy
Product Co., Ltd

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2555. น้ำผึ้งดกผลึก.
ค้นเมื่อ 12 เมษายน 2555, จาก
<http://saraburi.doae.go.th/chaloemphrakiat/struct/honey.htm>
- ไทยลันนาฟาร์มผึ้ง. 2555. เกี่ยวกับน้ำผึ้ง. ค้นเมื่อ 12
เมษายน 2555, จาก
<http://www.thailanna.co.th/index.php?lay=sow&ac=article&Id=197826>
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2543. น้ำผึ้ง. ค้นเมื่อ 12
เมษายน 2555, จาก
<http://www.jsppharma.com/ประกาศกระทรวงสาธารณสุข.html>
- ลักษณะ รุจนไกรกานต์ และนิธิธา รัตนปนนท์. 2544.
หลักการวิเคราะห์อาหาร. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชา

BMP18-9

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- AOAC. 1995. Approved Methods of the American
Association of Cereal Chemists. 9th ed. St.
Paul, Minnesota.
- Barbosa-Cánovas, GV., and Juliano, P. 2005.
Physical and chemical properties of food
powders. pp. 40-86. in Onwulata, C.
Encapsulated and powders foods. USA:
Taylor and Francis Group, LLC.
- Jinapong, N., Supphantharika, M., and Jamnong, P.
2008. Production of instant soymilk
powders by ultrafiltration, spray drying and
fluidized bed agglomeration. J of Food
Engineering. 84: 194–205.
- Licht, BH., Shaw, K., Smith, C., Mendoza, M., Orr,
J., and Myers, DV. 1992a. Development of
Specifications for Caramel Colours. Food
Chem Toxicol. 30: 383-387.
- Srijesadaruk, V., and Pittalit, T. 2008. Study of the
GABA rice processing, sensory evaluation
of rice cooking and GABA content
changing during storage, Thai research
Fund, Bangkok, Thailand.
- Sahu, JK. 2008. The effect of Additive on Vacuum
Dried Honey Powder Properties.
International J of Food Engineering. 4(8): 1-
26.
- Zamora, MC., Chirife, J., and Roldan, D. 2005. On
the nature of the relationship between water
activity and %moisture in honey. Food
Control. 17: 642-647.