

ผลของปริมาณสารไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสและระยะเวลาในการอบแห้ง ต่อคุณภาพของว่านหางจระเข้ผงด้วยวิธีทำแห้งโฟม - แมท

Effects of Hydroxypropyl Methylcellulose Content and Drying Time on Qualities of *Aloe vera* Powder by Foam - mat Drying

สุภเวท มานิชยม*, วรางคณา เตมียะ นพพล เล็กสวัสดิ์ และ พัชรีย์ พัฒนากุล
Supavej Maniyom*, Warangkana Temeeya, Noppol Leksawasdi and Patcharee Pattanagul

คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50100
Faculty of Agro - Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100, Thailand
*Corresponding author: Email: mrsupavej@gmail.com

(Received: 3 August 2020; Accepted: 21 December 2020)

Abstract: The objective of this study was to find out the levels of hydroxypropyl methylcellulose (HPMC: 1, 2, 3 and 4 %) and drying time (12, 16, 20 and 24 hrs) in order to develop the qualities of aloe vera powder by using foam - mat drying. The results showed that 1 % HPMC make the highest foaming overrun of aloe vera foam as 493.83 %. This foam was dried in trays and heat flowed easily to give the lowest moisture content as 4.91% and it provided the highest of antioxidant activity with 0.74 mg / g sample of trolox equivalent. The drying periods of 12 - 24 hrs were not significantly different to affect production yield in the range of 16.36 - 16.90 %. However, 16 - hr drying time was suitable for foam - mat drying process because it gave the moisture content under criteria of Thai Community Product Standard for dried mixed herbs as 6.69 %. Moreover, water solubility index (WSI) were not significantly different ($P > 0.05$) between 12 - and 16 - hr drying time drying time process and the values were 84.47 and 80.46 %, respectively.

Keywords: Aloe vera, hydroxypropyl methylcellulose, foam - mat drying

บทคัดย่อ: จุดประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของสารไฮดรอกซีโพรพิล เมทิลเซลลูโลส (HPMC: 1, 2, 3 และ 4 %) และระยะเวลาในการอบแห้ง (12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมง) ในการทำแห้งว่านหางจระเข้ผง ด้วยวิธีโฟม - แมท พบว่า การเติมสาร HPMC ความเข้มข้น 1 % ส่งผลมีค่าการเกิดโฟมสูงที่สุดเท่ากับ 493.83 % โดยความร้อนสามารถกระจายตัวผ่านโฟมว่านหางจระเข้ที่อยู่ในถาดอบได้ง่าย จึงส่งผลให้ได้ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ต่ำที่สุดเท่ากับ 4.91 % และค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 0.74 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง (trolox equivalent) สำหรับการศึกษาระยะเวลาในการอบแห้ง พบว่า การอบแห้งในช่วง 12 ถึง 24 ชั่วโมง ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตที่ได้ อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในช่วง 16.36 - 16.90 % อย่างไรก็ตามการทำแห้ง 16 ชั่วโมงจัดเป็นเวลาอบแห้งที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากทำให้ได้ค่าความชื้นเท่ากับ 6.69 % ซึ่งภายใต้เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของสมุนไพรรวมอบแห้ง นอกจากนี้การทำแห้งที่ 12 และ 16 ชั่วโมงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการละลายน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 84.47 และ 80.46 % ตามลำดับ

คำสำคัญ: ว่านหางจระเข้ ไฮดรอกซีโพรพิล เมทิลเซลลูโลส การทำแห้งแบบโฟมแมท

คำนำ

ว่านหางจระเข้ (aloe vera) เป็นพืชที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย ทั้งในด้านสมุนไพรรักษาโรค ผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องดื่ม รวมถึงเครื่องสำอาง (Puechkaset, 2014) ประเทศไทยสามารถเพาะปลูกว่านหางจระเข้ได้ประมาณ 1 หมื่นไร่ต่อปี รวมผลผลิตเท่ากับ 9 หมื่นถึง 1.4 แสนตัน ซึ่งนอกจากมีการส่งออกเนื้อว่านหางจระเข้แบบลูกเต๋า เนื้อเจลสด และผลิตภัณฑ์เจลว่านหางจระเข้แล้ว ยังมีการนำเข้าสู่สารสกัดยาดำ ซึ่งเป็นผลผลิตจากการเคี้ยวของว่านหางจระเข้อีกด้วย ซึ่งยาดำสามารถใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ยาอื่น ๆ หลายชนิด (Upanan, 2019)

คุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ที่สำคัญในว่านหางจระเข้โดยรวมมีทั้งหมด 75 ชนิด ได้แก่ กรดอะมิโนที่จำเป็น วิตามิน เอ็นไซม์ แอนทราควิโนน (anthraquinone) เกลลิแวน์ ลิกนิน (lignin) น้ำตาล กรดซาลิซิลิก (salicylic acid) กรดโฟลิก (folic acid) สเตอรอล (sterols) และกรดซาโปนิน (saponin) โดยสารเหล่านี้มีคุณสมบัติในทางบำบัดและรักษา ทั้งนี้ได้แก่ รักษาแผล ป้องกันการติดเชื้อ ปรับระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย ยับยั้งการเจริญของเนื้องอก ป้องกันการเกิดมะเร็ง รักษาเส้นเลือดขอด และกระเพาะอาหารอักเสบ ป้องกันการติดเชื้อ ลดเบาหวาน รวมถึงสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องสำอางเพื่อชะลอริ้วรอยและเพิ่มความชุ่มชื้นแก่ผิว (Amin *et al.*, 2018)

อย่างไรก็ตาม เจลจากว่านหางจระเข้มีน้ำเป็นส่วนประกอบถึง 99.19 % การขนส่งเพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นั้น จึงเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก ปัจจุบันได้มีการใช้เทคโนโลยีเพื่อแปรรูปว่านหางจระเข้ให้เป็นผงด้วยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray dry) แบบแช่เยือกแข็ง (freeze dry) และแบบถาด (tray dry) โดยมีการเติมสารมอลโตเดกตริน (maltodextrin) เพื่อช่วยในกระบวนการทำแห้งและทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบที่คงตัวมากยิ่งขึ้น (Angsuphanit, 1993; Hendrawati, 2015; Vamshikrishna and Rahman, 2012)

ในกระบวนการทำแห้งแบบถาดด้วยวิธีโฟมแมท (foam-mat drying) เป็นเทคนิคแบบใหม่ที่นิยมใช้ทำแห้งผักและผลไม้ โดยนิยมใช้กับผลิตภัณฑ์บางชนิดที่มีคุณสมบัติไม่ทนความร้อนสูง และมีเนื้อสัมผัสเหนียวแข็งติดกันได้ง่ายเมื่อโดนความร้อน การใช้เทคนิคนี้จะช่วยลดเวลาและลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบให้เสียหายน้อยลง การทำแห้งแบบโฟมแมทนั้นจำเป็นต้องใช้สารก่อเกิดโฟม ซึ่งได้แก่ โปรตีนอัลบูมิน โปรตีนถั่วเหลือง โซเดียม เลซิธิน คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose, CMC) และเพคติน เป็นต้น ซึ่งปริมาณที่ใช้แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของวัตถุดิบที่จะทำแห้ง สำหรับโฟมที่ได้จากการตีปั่นจะถูกนำมาอบในถาดโดยใช้ตู้อบลมร้อนแล้วจึงนำไปบดละเอียดให้เป็นผง (Iqbal *et al.*, 2018)

นอกจากสารก่อให้เกิดโฝมที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการอบแห้งแล้ว ยังอาจมีการเติมสารมอลโตเดกซ์ตรินเพื่อช่วยลดการจับตัวเป็นก้อนและทำให้เกิดการกระจายตัวของเนื้อสารได้ดียิ่งขึ้น โดย Ekpong *et al.* (2016) ได้ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของสารมอลโตเดกซ์ตรินปริมาณ 0, 5, 10 และ 15 % ร่วมกับอุณหภูมิการอบแห้งในช่วง 55, 60 และ 70 °C ในการทำผลิตภัณฑ์มะขามผง พบว่า การเติมสารมอลโตเดกซ์ตรินที่ 15 % และทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงสุด

Ramadhia *et al.* (2012) ได้ศึกษาการทำแห้งแบบโฝมแมทโดยใช้สารมอลโตเดกซ์ตรินที่ปริมาณ 5, 10 และ 15 % เพื่อปรับความเข้มข้นของเจลวุ้นหางจระเข้ และใช้สาร Tween 80 ในปริมาณ 0.1, 0.2 และ 0.3 % ในการช่วยให้เกิดโฝม ทั้งนี้พบว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารมอลโตเดกซ์ตรินเท่ากับ 15 % และสาร Tween 80 เท่ากับ 0.3 % ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 10.28 % และผลผลิตสุดท้ายเท่ากับ 8.33 % นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอัตราส่วนของเนื้ออินทผลัมต่อน้ำในการทำแห้งแบบโฝมแมท โดยใช้สารไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (hydroxypropyl methylcellulose, HPMC) ช่วยในการก่อโฝมในกระบวนการตีปั่น พบว่า การเติม HPMC ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 ทำให้ได้โฝมของส่วนผสมอินทผลัมที่มีคุณภาพดีที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อผลิตวุ้นหางจระเข้ผงด้วยวิธีทำแห้งแบบโฝมแมท โดยหาปริมาณสารก่อโฝม HPMC และอุณหภูมิการอบแห้งที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีคุณภาพดีที่สุด เพื่อให้สามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่น ๆ ได้ โดยเฉพาะเวชภัณฑ์เครื่องสำอางที่นิยมใช้วุ้นหางจระเข้ผสมอย่างแพร่หลาย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมน้ำวุ้นหางจระเข้เข้มข้น

วุ้นหางจระเข้ *Aloe vera* (L.) Burm.f. สายพันธุ์ *barbadensis* จากฟาร์มของเกษตรกร อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก นำมาปอกเปลือกให้ได้วุ้นสีขาวใส

แล้วปั่นด้วยเครื่องปั่น (Braun, K750, Germany) นำเจลละเอียดที่ได้กรองผ่านผ้าขาวบางจนได้น้ำเจลใสที่มีความชื้นเท่ากับ 99.34 % แล้วตวงเจลใสปริมาตร 30 ลิตรทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องระเหย (evaporator) (50L rotary evaporator, NEC Technology, Hang Dong, Chiang Mai) ที่อุณหภูมิ 60 °C นาน 3 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 94 % แล้วจึงนำมาทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป

2. กระบวนการผลิตน้ำวุ้นหางจระเข้ผง

นำน้ำวุ้นหางจระเข้เข้มข้นปริมาณ 500 มิลลิลิตร เทใส่เครื่องตีผสม (Kitchen Aid, Artisan, St Joseph, Michigan, USA) แล้วใส่สารมอลโตเดกซ์ตริน (DE10, OV Chemical, Chiang Mai) ปริมาณ 10 % (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตีปั่นด้วยความเร็วเบอร์ 8 นาน 1 นาที แล้วหยุดพัก 2 นาที ทำการผสมสารไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC) (Northern Chemical, Chiang Mai) กับน้ำอุ่น (น้ำ 30 มิลลิลิตรที่อุณหภูมิ 70 °C) ในอัตราส่วน 1, 2, 3 และ 4 % (น้ำหนักสารต่อปริมาตรน้ำวุ้นหางจระเข้เข้มข้น) จนได้สารละลายเจลใสแล้วเทสารละลาย HPMC ที่ได้ลงในส่วนผสมวุ้นหางจระเข้ในเครื่องปั่น ตีปั่นต่อด้วยความเร็วเบอร์ 10 นาน 7 นาที จนกระทั่งได้โฝมเนื้อละเอียด แล้วนำมาวัดปริมาตรเพื่อหาค่าการเกิดโฝม (overrun)

นำโฝมวุ้นหางจระเข้ที่ได้เทลงถาด แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (6 tray - hot air oven, FNB Machinery and Solution, Bangkok) อุณหภูมิ 65 °C นาน 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมง นำแผ่นโฝมที่ได้ไปบดละเอียดด้วยเครื่องปั่น (Braun, K750, Germany) กรองด้วยตะแกรงขนาด 100 mesh จนได้ผงละเอียดนำไปบรรจุลงในถุงฟอยล์ แล้วซีลปิดผนึกเพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านอื่น ๆ ต่อไป

3. การวางแผนการทดลอง

3.1 การศึกษาความเข้มข้นของสารก่อโฝม (สารไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส: HPMC) ปริมาณ 1, 2, 3 และ 4 % (น้ำหนักสารต่อปริมาตรน้ำวุ้นหางจระเข้เข้มข้น) วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้วิธี analysis of variance (ANOVA)

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Tukey method โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.2 การศึกษาผลของระยะเวลาในการอบแห้ง นาน 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 65 °C วางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้วิธี analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Tukey method โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

4. การวิเคราะห์ผล

4.1 วิเคราะห์ค่าทางกายภาพ ได้แก่ ค่าร้อยละ ผลผลิต (% yield) ค่าความหนาแน่น (bulk density) (Carneiro *et al.*, 2013), ค่าสี L^* , a^* และ b^* (Konica Minolta, CR400, Japan) ค่า water activity (Pre Aqua Lab Water Analyzer, USA) ค่าความหนืด (LVDV-II+, Brookfield, USA) ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (water solubility index: WSI) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (water absorption index: WAI) และค่าร้อยละของ ก่อโหม (overrun)

- วิเคราะห์ค่า overrun (Raymundo *et al.*, 1998) โดยการวัดปริมาตรเริ่มต้นของส่วนผสม แล้วทำการตีปั่นโหม หลังจากนั้นวัดปริมาตรสุดท้ายของโหมที่ได้ นำมาคำนวณดังสมการที่ (1)

Overrun (%) = (ปริมาตรของโหม - ปริมาตรของส่วนผสม) / (ปริมาตรของส่วนผสม) * 100 (1)

- วิเคราะห์ความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) และความสามารถในการอุ้มน้ำ (WAI) (Sriroth and Piyachomkwan, 2003) โดยทำการชั่งตัวอย่างแห้งน้ำหนัก 0.5 กรัม ใส่ในหลอดหมุนเหวี่ยง (ที่ทราบน้ำหนักเริ่มต้นแล้ว) เติมน้ำกลั่นลงไป 6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และแช่ในเครื่องเขย่าแบบอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิ 30 °C เขย่าที่ความเร็วรอบ 174 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำมาตกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,500 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงแยกส่วนใสในจานระเหยที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ทำการระเหยแห้งบนอ่างน้ำเดือดจนแห้งแล้วจึงนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำไปชั่งน้ำหนักเป็นส่วนใสหลังอบแห้งเพื่อใช้คำนวณหา WSI ในสมการที่ 2 ส่วน

ตะกอนที่ได้ติดกันหลอดปั่นเหวี่ยง ให้นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำไปชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักตะกอนหลังปั่นเหวี่ยงเพื่อใช้คำนวณหา WAI ในสมการที่ 3

Water solubility index (WSI, %) = (น้ำหนักส่วนใสอบแห้ง) / (น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น) * 100 (2)

Water absorption index (WAI, g / g dried sample) = (น้ำหนักตะกอนหลังปั่นเหวี่ยง) / (น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น) (3)

4.2 วิเคราะห์ค่าทางเคมี ได้แก่ ค่า pH (Consort c830, multi - parameter analyzer, Thailand) ค่าความชื้น (AOAC, 2000) ค่า trolox equivalent

- วิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (trolox equivalent) (modified from Phongthai *et al.*, 2018) การเตรียมสารมาตรฐาน 6 hydroxy - 2,5,7,8 - tetramethylechroman - 2 - carboxylic acid (trolox) ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยการนำสาร trolox ปริมาณ 10 มิลลิกรัม ละลายในเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 ปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ปรับความเข้มข้นเป็น 0.005, 0.010, 0.015, 0.020, 0.025 และ 0.030 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วจึงปิเปตสารปริมาตร 1 มิลลิลิตร ในแต่ละความเข้มข้น ผสมลงในสาร 2,2 - diphenyl - 1 - picrylhydrazyl (DPPH reagent) เข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.9 มิลลิลิตร บ่มไว้ในที่มืด 30 นาที หลังจากนั้นนำสารที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาร้อยละการยับยั้งตามสมการที่ 4 จากนั้นนำไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างร้อยละการยับยั้งกับความเข้มข้นของ trolox (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ดัง Figure 1

การยับยั้ง (ร้อยละ) = $(1 - (\text{ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน} / \text{ค่าการดูดกลืนแสงตัวอย่างควบคุม})) * 100$ (4)

ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน = ค่าดูดกลืนแสงสารมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ผสมกับ DPPH reagent

ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม = ค่าการดูดกลืนแสงของเอทานอลผสมกับ DPPH reagent

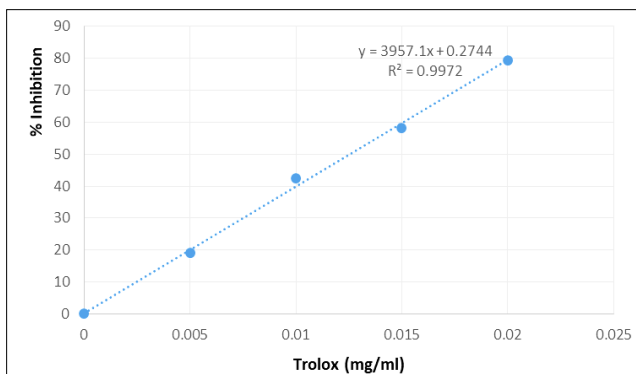


Figure 1. A representative calibration curve of % Inhibition by trolox standard (mg / ml)

การวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยการนำตัวอย่าง
ว่านหางจระเข้ผงมา 1 มิลลิกรัม ผสมกับ DPPH reagent
ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2.9 มิลลิลิตร
บ่มไว้ในที่มืด 30 นาที แล้วจึงนำสารที่บ่มไว้ไปวัดค่า
การดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสง
ที่ได้นำไปคำนวณร้อยละการยับยั้งจากกราฟมาตรฐาน
และรายงานผลเป็นค่า trolox equivalent (mg/g sample)

4.3 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม
Excel 97 และ Minitab 16

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาปริมาณสารก่อให้เกิดโคม
HPMC ในปริมาณ 1, 2, 3 และ 4 % ที่เติมลงในว่านหาง
จระเข้เข้มข้น พบว่า ปริมาณ overrun ของโคมว่าน
หางจระเข้ที่เติม HPMC ในปริมาณ 1 และ 2 % ให้โคม
ปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 493.83 และ 477.30 %
ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณ HPMC ให้
สูงขึ้นทำให้ได้ปริมาณโคมที่ลดลง เนื่องจากเมื่อละลาย
HPMC ในน้ำได้สารละลายที่มีความหนืด สารละลาย
ที่มีความเข้มข้นสูงส่งผลให้มีค่าความหนืดมากขึ้นด้วย
อย่างไรก็ตามความหนืดสามารถเพิ่มขึ้นได้สูงถึงค่า
ที่เหมาะสมค่าหนึ่งเท่านั้น หากความหนืดสูงมากเกินไป
ส่งผลต่อการกักเก็บอากาศในขณะที่ตีโคมลดลง
ทำให้ได้ค่า overrun ที่ลดลงด้วย (Bikerman, 1973)
ในขณะที่ปริมาณผลผลิต (% yield) เพิ่มขึ้นเมื่อเติม
HPMC ในปริมาณมากขึ้น ทั้งนี้เกิดจากน้ำหนักของ

HPMC ที่ใส่ลงไปในส่วนผสมเริ่มต้นส่งผลให้น้ำหนัก
สุดท้ายของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยนั่นเอง
โดยตัวอย่างที่เติม HPMC 4 % ทำให้ได้ค่าผลผลิตสูง
สุดเท่ากับ 17.41 % (Table 1) อย่างไรก็ตามการเติม HPMC
ในช่วงปริมาณ 1 - 4 % ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง
ค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ว่านหางจระเข้ผง ซึ่งค่า
ที่วัดได้อยู่ในช่วง 0.39 - 0.41 กรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับ
ค่า L^* , a^* และ b^* ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญ ($P > 0.05$) โดยค่าที่ได้อยู่ในช่วง 75.89 -
78.08, 2.04 - 2.34 และ 19.95 - 21.90 ตามลำดับ

สำหรับค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ว่านหาง
จระเข้ผง เมื่อมีการละลายน้ำเพื่อปรับความชื้นของ
ว่านหางจระเข้ผงจาก 5 % ให้เท่ากับว่านหางจระเข้
เข้มข้นที่ 93 % โดยเติมน้ำในอัตราส่วน 0.5 กรัมต่อ 6
มิลลิลิตร (น้ำหนักว่านหางจระเข้ผงต่อปริมาตรน้ำ) พบว่า
ค่าความหนืดแปรผันตามปริมาณของ HPMC โดยค่า
ความหนืดสูงที่สุดเท่ากับ 353.33 cP ที่ความเข้มข้น
ของ HPMC เท่ากับ 4 % และความหนืดต่ำสุดเท่ากับ
55.03 cP (HPMC เท่ากับ 1 %) ทั้งนี้เนื่องจากสาร HPMC
ช่วยเพิ่มความหนืด เมื่อเติมสารในปริมาณมากขึ้น
ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความหนืดสูงขึ้นนั่นเอง
(Inkaew *et al.*, 2015) การวัดค่า pH ในสารละลายว่าน
หางจระเข้ผงคั้นรูป พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญ ($P > 0.05$) โดยค่าที่ได้อยู่ในช่วง 5.29 - 5.50
และเมื่อวัดค่าความสามารถในการละลายน้ำ (WSI)
พบว่า การเติม HPMC ในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้
ค่าความสามารถในการละลายน้ำของว่านหางจระเข้

ผงเพิ่มสูงขึ้น โดยค่า WSI เพิ่มขึ้นจาก 77.42 % เป็น 79.36 % ในขณะที่ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (WAI) ลดลงจาก 0.14 g/g dried sample เป็น 0.05 g/g dried sample อย่างไรก็ตามค่าที่วัดได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอาจมีปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือจากการเติมสาร HPMC ที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของค่า WSI และ WAI ในแต่ละตัวอย่าง (Table 2)

ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ว่านหางจระเข้ที่มีการเติมสาร HPMC ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความชื้นเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเติม HPMC ในปริมาณต่ำที่ 1 % ส่งผลให้ได้ค่า overrun สูงที่สุด ดังนั้น ในระหว่างกระบวนการอบแห้ง ความร้อนส่งผ่านได้ดีในก้อนโฟมที่กระจายตัวได้มากกว่า (overrun สูง) ทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ว่านหางจระเข้ลดลงต่ำที่สุดเท่ากับ 4.91 % เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่เติม HPMC สูงและมีการกระจายตัวของโฟมที่น้อยกว่า (overrun ต่ำ) ความร้อนจึงผ่านเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้ไม่เต็มที่เท่าที่ควร ทำให้วัดความชื้นได้ค่าสูงที่สุดเท่ากับ 6.31% สำหรับค่า Aw ที่วัดได้อยู่ในช่วง 0.28-0.30 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เมื่อทำการวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในรูปของ trolox equivalent พบว่าการเติมสาร HPMC ในปริมาณต่ำที่ 1 % ทำให้ค่า trolox สูงที่สุดเท่ากับ 0.74 มิลลิกรัมต่อกรัม (ปริมาณ trolox ต่อน้ำหนักของว่านหางจระเข้ผง) ซึ่งทั้งนี้เกิดจากการเติม HPMC ในปริมาณน้อย ทำให้มีสารเจือปนในผลิตภัณฑ์สุดท้ายอยู่น้อย การวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเทียบกับน้ำหนักตัวอย่าง จึงทำให้ได้ค่าสูงขึ้นนั่นเอง และค่านี้จะลดลงเมื่อเติมสาร HPMC ในปริมาณที่สูงขึ้น ทำให้มีสารเจือปนมากขึ้นและปริมาณว่านหางจระเข้ลดลงตามน้ำหนักซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารสำคัญที่อยู่ในเนื้อว่านหางจระเข้และเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งแบบโฟมเมทสรดังกล่าวยังคงอยู่ในผลิตภัณฑ์ในรูปแบบผงอีกด้วยทั้งนี้สารต้านอนุมูลอิสระที่พบโดยทั่วไปได้แก่ วิตามินซี วิตามินเอ เบต้าแคโรทีน วิตามินอี โคลโคปีน ลูทีน ซิลิเนียม และสังกะสี การตรวจวัดกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในรูปของ trolox equivalent ซึ่งใช้วิตามินอีเป็นสารมาตรฐาน จึงสามารถบ่งบอกกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ว่านหางจระเข้ผงได้

Table 1. Overrun, yield, color (L^* , a^* , b^*), viscosity and bulk density of aloe vera powder added by HPMC (1 - 4 %)

HPMC (%)	Overrun (%)	Yield (%)	L^*	a^*	b^*	Viscosity (cP)	Bulk density (g / ml)
1	493.83 ± 8.90 ^a	14.99 ± 0.74 ^b	75.89 ± 2.18	2.34 ± 0.17	21.90 ± 0.34	55.03 ± 2.82 ^d	0.41 ± 0.05
2	477.30 ± 24.90 ^a	16.43 ± 0.70 ^{ab}	76.21 ± 3.53	2.04 ± 0.58	19.95 ± 0.94	130.97 ± 20.45 ^c	0.39 ± 0.04
3	439.50 ± 51.40 ^{ab}	16.52 ± 0.98 ^{ab}	78.08 ± 5.01	2.04 ± 0.57	19.99 ± 2.23	232.43 ± 28.05 ^b	0.40 ± 0.04
4	385.40 ± 11.08 ^b	17.41 ± 0.64 ^a	76.59 ± 4.41	2.15 ± 0.47	21.17 ± 1.61	353.33 ± 97.96 ^a	0.40 ± 0.05

Mean within column followed by different letters are significantly different at $P \leq 0.05$

Table 2. WSI, WAI, moisture content, Aw, trolox and pH of aloe vera powder added by HPMC (1 – 4 %)

HPMC (%)	WSI (%)	WAI (g / g)	Moisture content (%)	Aw	Trolox (mg / g)	pH
1	77.42 ± 1.68	0.14 ± 0.03	4.91 ± 0.39 ^b	0.30 ± 0.03	0.74 ± 0.25 ^a	5.50 ± 0.30
2	77.19 ± 3.69	0.12 ± 0.01	5.34 ± 0.44 ^{ab}	0.28 ± 0.01	0.50 ± 0.19 ^{ab}	5.28 ± 0.30
3	79.24 ± 8.61	0.07 ± 0.0	5.90 ± 0.56 ^{ab}	0.28 ± 0.05	0.35 ± 0.12 ^{ab}	5.29 ± 0.29
4	79.36 ± 10.62	0.05 ± 0.01	6.31 ± 0.48 ^a	0.30 ± 0.03	0.27 ± 0.08 ^b	5.29 ± 0.21

Mean within column followed by different letters are significantly different at $P \leq 0.05$

สำหรับการศึกษาระยะเวลาในการอบแห้งนาน 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมงในการทดลองที่ 2 พบว่า การอบแห้งผลิตภัณฑ์วุ้นนางจะเข้ที่อุณหภูมิ 65 °C พบว่า ปริมาณผลผลิตที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) โดยค่าที่ได้อยู่ในช่วง 16.36 - 16.90 % นอกจากนี้ระยะเวลาการอบแห้งที่ยาวนานขึ้น ไม่ส่งผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงค่าสีในผลิตภัณฑ์ สุดท้าย โดยค่าสี L^* , a^* และ b^* มีค่าดังต่อไปนี้ 72.89 - 76.29, 1.42 - 2.12 และ 17.78 - 19.04 ตามลำดับ ทั้งนี้ ระยะเวลาการอบแห้งก็ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์สุดท้ายอย่างมีนัยสำคัญ เช่นกัน ซึ่งค่าที่ได้เท่ากับ 0.22 - 0.31 กรัมต่อมิลลิลิตร รวมถึงการอบแห้งในช่วง 12 - 24 ชั่วโมงไม่ส่งผลต่อ การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดที่วัดได้จากการคั้นรูป วุ้นนางจะเข้ผงดด้วยน้ำอีกด้วย ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในช่วง 100.80 - 107.47 cP (Table 3)

เมื่อทำการวัดค่าความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) พบว่า ระยะเวลาในการอบแห้งนาน 12 ชั่วโมงทำให้ได้ค่า WSI สูงที่สุดเท่ากับ 84.47 % ในขณะที่การ อบแห้งนาน 24 ชั่วโมงส่งผลให้ค่า WSI ต่ำที่สุดเท่ากับ 75.74 % ทั้งนี้ เนื่องจากการอบแห้งที่นานขึ้นทำให้

ความชื้นลดลง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์สุด ท้ายจึงลดลงด้วย ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ที่เปียกชื้นมากกว่า จึงมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ ชนิดเดียวกันที่แห้งกว่า เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำในตัว ทำละลายเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว จึงจับกับพันธะไฮโดรเจน ของน้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงได้นั่นเอง (Wikipedia, 2020) โดยทั้งนี้พบการทำแห้งในระยะเวลา 12 ชั่วโมงทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีความชื้นสูงที่ สุดเท่ากับ 7.77 % ในขณะที่การทำแห้งนาน 24 ชั่วโมง ทำให้ได้ความชื้นสุดท้ายต่ำที่สุดเท่ากับ 4.71 % ดังนั้น ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงตามระยะเวลาใน การอบแห้ง อย่างไรก็ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ของสมุนไพรรวมอบแห้ง (TISI, 2005) ได้กำหนดให้ สมุนไพรอบแห้งมีความชื้นได้ไม่เกิน 7% สำหรับการ อบแห้งเพียง 12 ชั่วโมงจึงเป็นระยะเวลาที่ไม่เหมาะสม เพราะทำให้ได้ค่าความชื้นที่สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน ในขณะที่ระยะเวลาการอบแห้งนาน 16 ชั่วโมงได้ ความชื้นเท่ากับ 6.69 % จึงเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดใน กระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °C ส่วนการอบแห้งที่ นานกว่านั้นทำให้เป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน และส่งผล ให้ค่าความสามารถในการละลายลดลง (Table 4)

Table 3. Yield, color (L^* , a^* , b^*), viscosity and bulk density of aloe vera powder dried for 12 - 24 hrs

Time (hrs)	Yield (%)	L^*	a^*	b^*	Viscosity (cP)	Bulk density (g / ml)
12	16.90 ± 0.53	75.69 ± 1.77	1.42 ± 0.13	17.98 ± 0.73	100.80 ± 12.53	0.31 ± 0.03 ^a
16	16.88 ± 0.07	73.71 ± 2.45	2.05 ± 0.64	19.04 ± 1.57	106.37 ± 7.15	0.22 ± 0.05 ^b
20	16.36 ± 0.47	76.29 ± 1.44	1.52 ± 0.32	17.78 ± 0.52	104.57 ± 9.73	0.27 ± 0.01 ^{ab}
24	16.47 ± 0.15	72.89 ± 2.00	2.12 ± 0.32	18.59 ± 1.67	107.47 ± 14.13	0.28 ± 0.02 ^{ab}

Mean within column followed by different letters are significantly different at $P \leq 0.05$

Table 4. WSI, WAI, moisture content, Aw, trolox and pH of aloe vera powder dried for 12 - 24 hrs

Time (hrs)	WSI (%)	WAI (g / g)	Moisture content (%)	Aw	Trolox (mg / g)	pH
12	84.47 ± 1.15 ^a	0.12 ± 0.03	7.77 ± 0.50 ^a	0.41 ± 0.01 ^a	0.82 ± 0.11	4.87 ± 0.02 ^a
16	80.46 ± 3.13 ^{ab}	0.14 ± 0.01	6.69 ± 0.31 ^b	0.39 ± 0.01 ^a	0.67 ± 0.08	4.85 ± 0.02 ^{ab}
20	77.90 ± 0.64 ^{bc}	0.15 ± 0.03	5.56 ± 0.39 ^c	0.35 ± 0.01 ^b	0.96 ± 0.06	4.81 ± 0.00 ^b
24	75.74 ± 1.07 ^c	0.11 ± 0.02	4.71 ± 0.06 ^c	0.34 ± 0.01 ^b	0.89 ± 0.20	4.80 ± 0.03 ^b

Mean within column followed by different letters are significantly different at $P \leq 0.05$

เมื่อวัดความสามารถในการอุ้มน้ำ (WAI) พบว่า การอบแห้งในช่วงเวลา 12-24 ชั่วโมงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า WAI อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งค่าที่วัดได้อยู่ในช่วง 0.11 - 0.15 g / g dried sample นอกจากนี้ระยะเวลาในการอบแห้งในช่วงดังกล่าวยังไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง ค่า Aw ซึ่งวัดได้อยู่ในช่วง 0.34 - 0.41 และค่า pH วัดได้อยู่ในช่วง 4.80 - 4.87 สำหรับค่าปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระก็ไม่มี การเปลี่ยนแปลง อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยค่าที่วัดได้อยู่ในช่วง 0.67 - 0.96 มิลลิกรัมต่อกรัม นั้นแสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาในการอบแห้งที่นานขึ้นถึง 24 ชั่วโมง ไม่สามารถทำลายสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในวุ้นหางจรเข้ได้ และสารดังกล่าวยังคงมีอยู่ในผลิตภัณฑ์ในรูปแบบผง ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ด้านยา และเครื่องสำอางได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ยังคงไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาการอบแห้ง นานขึ้น และค่า Aw ที่วัดได้อยู่ในช่วงที่จุลินทรีย์มีโอกา สเจริญได้น้อย (Jay, 1996) ส่งผลให้สามารถเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ได้นานยิ่งขึ้นอีกด้วย

สรุป

จากการศึกษาปริมาณสารก่อให้เกิดโฟม HPMC ที่ 1, 2, 3 และ 4 % พบว่า การเติม HPMC ในปริมาณสูงขึ้นส่งผลให้เกิดโฟม (overrun) และ ปริมาณ trolox equivalent มีค่าลดลง ในขณะที่ ปริมาณผลผลิต ค่าความหนืด และปริมาณความชื้น มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณ HPMC ที่มากขึ้น สำหรับค่า สี (L^* , a^* และ b^*) ค่าความหนาแน่น ความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) และการอุ้มน้ำ (WAI) ค่า Aw และ ค่า pH ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เมื่อศึกษาระยะเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °C นาน 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมง พบว่า การเพิ่ม ระยะเวลาในการอบแห้งให้นานขึ้นส่งผลให้ค่า ความสามารถในการละลายน้ำ (WSI) ปริมาณความชื้น ค่าความหนาแน่น ค่า Aw และค่า pH มีค่าลดลงอย่าง มีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในขณะที่ปริมาณผลผลิต ค่าสี ค่าความหนืด ความสามารถในการอุ้มน้ำ (WAI) และ

ปริมาณ Trolox equivalent ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นการแปรรูปวุ้นหางจรเข้ให้เป็นผงด้วยวิธีโฟม แมท ควรใช้สาร HPMC ในปริมาณ 1 % และอบแห้งที่ 65 °C นาน 16 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้ได้ปริมาณผลผลิต 16.88% ค่าสี L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 73.71, 2.05 และ 19.04 ตามลำดับ ค่าความหนืดหลังจากการคืนรูป เท่ากับ 106.37 cP ค่าความสามารถในการละลายน้ำ และการอุ้มน้ำ เท่ากับ 80.46 และ 0.16 กรัมต่อกรัม ตามลำดับ ค่าความหนาแน่น เท่ากับ 0.22 กรัมต่อ มิลลิลิตร ค่าความชื้น เท่ากับ 6.69% ได้ตามเกณฑ์ มาตรฐาน มผช สมุนไพรรวมอบแห้ง ค่า Aw เท่ากับ 0.39 ค่า trolox equivalent เท่ากับ 0.67 มิลลิกรัมต่อกรัม และค่า pH เท่ากับ 4.85

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับทุนวิจัยภายใต้ โครงการพัฒนา ซืดความสามารถทางเทคโนโลยีและวิจัยของภาคเอกชน ในพื้นที่ โดยการสนับสนุนตามกลไกอุทยานวิทยาศาสตร์ ภาคเหนือ ปีงบประมาณ 2562 และขอขอบคุณ บริษัท ภูฐานปัญญาออกานิค จำกัด ที่ได้ช่วยเหลือสนับสนุน ด้านวัตถุดิบ อุปกรณ์ และให้ความร่วมมือในการวิจัย เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Amin, K., S. Ozgen and Z. Selamoglu. 2018. *Aloe vera*: a miracle plant with its wide-ranging applications. Pharmacy and Pharmacology International Journal 6(1): 00144, doi: 10.15406/ppij.2018.06.00144.
- Angsuphanit, K. 1993. Food Processing. Kasetsart University Press, Bangkok. 138 p. (in Thai)
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.
- Bikerman, J.J. 1973. Foams. Springer-Verlag, New York. 337 p.

- Carneiro, H.C.F., R.V. Tonon, C.R.F. Grosso and M.D. Hubinger. 2013. Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. *Journal of Food Engineering*. 115(4): 443-451.
- Ekpong, A., W. Phomkong and E. Onsaard. 2016. The effects of maltodextrin as a drying aid and drying temperature on production of tamarind powder and consumer acceptance of the powder. *International Food Research Journal* 23(1): 300-308.
- Hendrawati, T.Y. 2015. Aloe vera powder properties produced from *Aloe chinensis* Baker, Pontianak, Indonesia. *Journal of Engineering Science and Technology Special Issue 1*: 47-59.
- Inkaew, C., T. Keokamnerd, C. Rardniyom and K. Arkanit. 2015. Effects of date-to-water ratio and foaming agents on foam quality prior of foam mat drying. pp. 231-240. *In: Proceedings of Academic Conference. Maejo University, Chiang Mai. (in Thai)*
- Iqbal, J.M., A. Abbas, H. Rafique, F.M. Nawaz and A. Rasool. 2018. A review paper on foam-mat drying of fruits and vegetables to develop powders. *MOJ Food Processing and Technology* 6(6): 465-467.
- Jay, J.M. 1996. *Modern Food Microbiology*. 5th ed. Chapman & Hall, New York. 661 p.
- Phongthai, S., S. D'Amico, R. Schoenlechner, W. Homthawornchoo and S. Rawdkuen. 2018. Fractionation and antioxidant properties of rice bran protein hydrolysates stimulated by *in vitro* gastrointestinal digestion. *Food chemistry* 240: 156-164.
- Puechkaset. 2014. Properties of aloe vera and implantation (Online). Available: <http://puechkaset.com/aleo vera> (March 2, 2020).
- Ramadhia, M., S. Kumalaningsih and I. Santoso. 2012. The making of aloe vera powder (*Aloe vera* L.) with foam-mat drying method. *Jurnal Teknologi Pertanian* 13(2): 125-137.
- Raymundo, A., J. Empis and I. Sousa. 1998. Method to evaluate foaming performance. *Journal of Food Engineering* 36(4): 445-452.
- Sriroth, K., and K. Piyachomkwan. 2003. *Technology of Starch*. 3rded. Kasetsart University Press, Bangkok. 303 p. (in Thai)
- TISI. 2005. *Dried mixed herbs*. Thai Community Product Standard, TCPS 996/2005. Thai Industrial Standard Institute, Bangkok. 5 p.
- Upanan, S. 2019. Department of Agricultural Extension, District/Provincial Agricultural Extension Office, Growers. Information on February 28th, 2019. 65-66. (in Thai)
- Vamshikrishna and H. Rahman. 2012. Evaluating aloe vera powder as bioavailability enhancer. *Journal of Bioequivalence and Bioavailability* 4(3): 191.
- Wikipedia. 2020. Water. (Online). Available: <http://th.m.wikipedia.org/wiki/water> (February 15, 2020).
-