

ผลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ใช้ในการอบแบบพ่นฝอยต่อความคงตัวของเบต้าไซยานินจากแก้วมังกร

Effect of spray drying temperature on the stability of betacyanin from dragon fruit

นายสันติชัย สิริวัชรโธมและนางสาวอุษารัตน์ แวตระกูล

ดร.ชลิดา เนียมนุ้ย

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 02-9428555 ต่อ 1203 และ 1204 โทรสาร 02-5614621 E-mail: fengcdni@ku.ac.th

บทคัดย่อ

แก้วมังกรแดงเป็นแหล่งสำคัญของเบต้าไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุสีแดงม่วง การผลิตเบต้าไซยานินในรูปแบบผงทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งานเป็นสีผสมอาหารจากธรรมชาติ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าในการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาคงตัวของผงผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาด้วย อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ทำการศึกษา ได้แก่ 130 150 และ 170 °C โดยใช้ความเข้มข้นของมอลโตเด็คซ์ตริน (สารพุง) เท่ากับ 30% การทดลองพบว่าอุณหภูมิลมร้อนขาเข้ามีอิทธิพลต่อความชื้นและปริมาณเบต้าไซยานินอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และพบว่าอุณหภูมิเท่ากับ 170 °C ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดคือ มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุดเท่ากับ 3.39% ปริมาณเบต้าไซยานินสูงที่สุดเท่ากับ 102.67 มิลลิกรัม/กรัม ทั้งนี้พบว่าอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าในช่วงที่ทำการศึกษาไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าสีความสามารถในการละลายและขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่าผลิตภัณฑ์มีความคงตัวสูงในระหว่างการเก็บรักษา โดยปริมาณเบต้าไซยานินและค่าสีไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : แก้วมังกรแดง เบต้าไซยานิน มอลโตเด็คซ์ตริน สีผสมอาหารจากธรรมชาติ

Abstract

Red dragon fruit is an important source of betacyanins which are the reddish to violet pigments. The production of powder led to comfort using the betacyanin as natural food colorant. The aim of this work was to study the effect of inlet air temperature for spray drying on the property of powder. The stability of powder was also investigated. The studied inlet air temperatures were 130 150 and 170 °C and the concentration of maltodextrin was fixed at 30%. It was found that the inlet air temperature significantly affected the moisture content and betacyanin content of powder ($p < 0.05$). The inlet air temperature of

170 °C gave the best quality of powder, which had the lowest moisture content of 3.33% (wet basis) and the highest betacyanin content of 102.67 mg/g. In addition, the effect of inlet air temperature on color values, solubility and particle size distribution was not significant. Moreover, the color powder had high stability during storage. The betacyanin content and color values did not significant change for the products.

Keyword : Betacyanins, dragon fruit, maltodextrin, natural food colorant

1. คำนำ

การใช้สีผสมอาหารเพื่อแต่งสีของผลิตภัณฑ์เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน การใช้สีผสมอาหารจากสีธรรมชาติจะมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และสารสีธรรมชาติบางชนิดยังมีคุณค่าทางโภชนาการอีก

แก้วมังกรเป็นพืชในตระกูลกระบองเพชรในวงศ์ Cactaceae เป็นพืชที่เพาะปลูกได้ง่ายและกำลังเป็นที่นิยมจากผู้บริโภคเนื่องจาก มีคุณค่าทางอาหารสูง สารให้สีที่สำคัญในแก้วมังกรทั้งในส่วนเนื้อและเปลือกของแก้วมังกรคือ เบต้าไซยานิน (Betacyanin) ให้สีแดง-ม่วง นอกจากจะเป็นสารให้สีแล้ว ยังมีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน และต้านการแบ่งเซลล์ของเนื้องอกหลายชนิดอีกด้วย ดังนั้นแก้วมังกรจึงถือเป็นพืชที่มีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อใช้เป็นสีผสมอาหารที่มีความปลอดภัยและคุณค่าทางอาหารสูงด้วย อย่างไรก็ตามข้อจำกัดในการใช้สีสกัดคือความไม่สะดวกในการใช้งานและความไม่คงตัวต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อสกัดไว้เป็นเวลานาน ดังนั้นหากเปลี่ยนรูปของสารสีสกัด มาอยู่ในรูปของผงสีโดยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอยในสภาวะที่เหมาะสม จะช่วยให้การใช้งานดีขึ้น ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากเนื้อและเปลือกของแก้วมังกร ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ในการผลิตเชิงการค้า และลดการใช้สีผสมอาหารจากสังเคราะห์ในอนาคตได้

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 การสกัดสารสีจากผลแก้วมังกรแดง

ล้างทำความสะอาดผลแก้วมังกรแดงให้สะอาด จากนั้น ชั่งน้ำหนักเนื้อแก้วมังกร 2.5 กิโลกรัม ผสมกับน้ำกลั่น 2.5 ลิตร ปั่นรวมกัน 10 นาที ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ใช้ผ้าขาวบางกรองเศษเมล็ดของแก้วมังกรออก จากนั้นนำสารสกัดจากแก้วมังกรแดงเก็บไว้ในตู้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมงเพื่อให้เมือกในสารสกัดแยกชั้นออกมา หลังจากนั้นจึงแยกชั้นเมือกออกจากสารสกัดจากแก้วมังกรแดง

นำสารสกัดที่ได้มาทำการปรับความเข้มข้นของเบต้าไซยานิน โดยใช้เครื่องอัลตราไวโลเลตและวิสิเบิลสเปกโตรสโคปี (UV-VIS Spectrophotometer) ทำการเจือจางสารสกัดด้วยน้ำกลั่นให้มีค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.6 ± 0.03 หลังจากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาผสมกับมอลโตเด็คซ์ทรินที่ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์

2.2 การอบแห้งแบบพ่นฝอย

นำสารสกัดที่ผสมมอลโตเด็คซ์ทรินแล้วมาทำการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยทดลองอบแห้งที่อุณหภูมิ 130, 150 และ 170 °C ที่ความเร็วลมร้อนเข้าห้องอบแห้ง (Drying chamber) 10.9 เมตร/วินาที อัตราการป้อนสารเข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย 10.7 มิลลิลิตร/นาที

2.3 การวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ที่ได้

การวิเคราะห์ค่าความชื้น นำผงผลิตภัณฑ์ของสารสกัดจากเนื้อแก้วมังกรแดง 2.5 กรัมมาวิเคราะห์ค่าความชื้นตามวิธีของ AOAC (1999)

การวิเคราะห์ปริมาณเบต้าไซยานิน นำผงผลิตภัณฑ์ 1 กรัม ต่อน้ำ 10 มิลลิลิตร วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 nm โดยใช้สมการที่ (1) ในการคำนวณปริมาณเบต้าไซยานิน (Markus *et al.*, 2005, วิทยาศาสตร์, 2552)

$$BLC = \frac{(A \times DF \times MW \times 1000)}{(TM \times 1)} \quad (1)$$

เมื่อ BLC คือความเข้มข้นของเบต้าไซยานิน ในหน่วย กรัม/ลิตร

A = ค่าการดูดกลืนแสง

DF = Dilution Factor

MW = มวลโมเลกุลของเบต้าไซยานิน 550 กรัม/โมล

TM (Molar extinction coefficient) = 60,000 ลิตร/โมล

การวิเคราะห์ค่าสีทำได้โดยการนำผงผลิตภัณฑ์ปริมาณ 0.2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เข้าเครื่องวัดสีโดยทำการวัดค่าของสี L^* , a^* และ b^*

การวัดความสารถในการละลาย นำผงผลิตภัณฑ์ 1 กรัม (น้ำหนักแห้ง) และน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ผสมในเครื่องปั่นเป็นเวลา 5 นาที นำ

สารละลายไปเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกสารที่ 9000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ผ่านเครื่องเหวี่ยงแยกสาร 25 มิลลิลิตร ไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักผงที่เกิดขึ้น โดยที่ความสามารถในการละลายคำนวณได้จากผลต่างของน้ำหนัก (Cano-Chauca, 2005)

การหาการกระจายตัวของขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางภาพถ่าย ใช้ Stage micrometer ที่ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร เป็นตัวเทียบขนาด นำผงผลิตภัณฑ์ไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า บันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพระบบดิจิทัลและใช้โปรแกรม ImageJ เวอร์ชัน 1.42Q ในการวิเคราะห์ขนาดและการกระจายตัวของขนาดอนุภาคจากภาพถ่าย

2.4 การศึกษาความคงตัวของเบต้าไซยานินและสีระหว่างการเก็บรักษา

นำผงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอย บรรจุภายในถุงบรรจุชนิด Nylon/LLDPE และเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ 55% โดยใช้สารละลายอิ่มตัวของแมกนีเซียมไนเตรท โดยให้เก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน และทำการวัดปริมาณเบต้าไซยานิน และค่าสีของเบต้าไซยานินทุกๆ 6 วัน

2.5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิตินำข้อมูลมาหาวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยใช้โปรแกรม SPSS โดยใช้วิธีการหาค่าความแปรปรวน (ANOVA) แบบจำแนกทางเดียว และใช้การทดสอบแบบ 2 ด้าน (Two-tailed) ในการวิเคราะห์ โดยความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Niamnuy *et al.*, 2008)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 อิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าต่อปริมาณของเบต้าไซยานินในผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่มีต่อปริมาณเบต้าไซยานินในผลิตภัณฑ์จากตารางที่ 1 พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 170 °C ให้ปริมาณเบต้าไซยานินในผลิตภัณฑ์มีค่าสูงสุด เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 170 °C นั้นใช้เวลาในการอบแห้งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เพียงพอในการทดลองสั้นกว่าที่อุณหภูมิ 150 และ 130 °C ทำให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสความร้อนจากเครื่องอบแห้งและแสงเป็นระยะเวลาสั้นกว่า จึงทำให้เกิดการเสื่อมสลายของเบต้าไซยานินน้อยกว่า (Cai and Corke, 2001) จาก การทดลองการอบแห้งที่อุณหภูมิ 130 °C นั้นไม่เหมาะแก่การอบแห้งแบบพ่นฝอยเนื่องจากประสิทธิภาพการทำแห้งที่ต่ำ ทำให้ละออง

ของสารสกัดเบต้าไซยานินรวมตัวกันเป็นของเหลวสะสมภายใน Drying chamber แล้วไหลเข้ามาใน Cyclone ทำให้ไม่สามารถแยกผลิตภัณฑ์ออกจากอากาศได้ และเมื่อพิจารณาผลการทดลองระหว่างกรอบแห้งที่อุณหภูมิ 130 และ 150 °C พบว่าปริมาณเบต้าไซยานินในผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 1 ค่าความชื้น ปริมาณเบต้าไซยานิน ผลิตภัณฑ์ หลังจากอบแห้งแบบพ่นฝอย

อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (°C)	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณเบต้าไซยานิน (มิลลิกรัม/กรัม)
130	4.48±0.01 ^b	83.94±0.10 ^a
150	4.32±0.09 ^b	82.45±2.14 ^a
170	3.39±0.12 ^a	102.67±6.57 ^b

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2 ชุดการทดลอง และค่าเฉลี่ยในข้อมูลคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3.2 อิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่มีต่อความชื้นของผลิตภัณฑ์

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างกับอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและปริมาณความชื้น พบว่าเมื่ออุณหภูมิลมร้อนขาเข้าสูงขึ้นทำให้ปริมาณความชื้นมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) คือที่อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 170 °C มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าจะทำให้เกิดการคายความร้อนได้ดี พื้นผิวของละอองสารละลายสูงขึ้นส่งผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนได้ดี น้ำสามารถระเหยออกมาได้มาก จึงทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงได้มาก (Jittanit *et al.*, 2010)

3.3 อิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่มีต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่มีต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์พบว่าที่อุณหภูมิ 170°C ให้ค่า L^* , b^* น้อยที่สุดและ a^* มากที่สุด ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับปริมาณเบต้าไซยานิน คือ เมื่อมีเบต้าไซยานินซึ่งเป็นสารให้สีแดงม่วงในปริมาณมาก ค่าความสว่างก็จะมิต่ำน้อย (ค่า L^* มีค่าเข้าใกล้ 0) มีสีแดงมากขึ้น (ค่า a^* มีค่าเข้าใกล้ +100) และน้ำเงินก็จะเพิ่มขึ้น (ค่า b^* มีค่าเข้าใกล้ -100) อย่างไรก็ตาม

พบว่าค่าสี L^* , a^* และ b^* ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ หลังจากอบแห้งแบบพ่นฝอย

อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (°C)	L^*	a^*	b^*
130	60.76±1.18 ^a	49.47±2.98 ^a	-9.98±3.10 ^a
150	61.28±1.25 ^a	45.68±0.20 ^a	-10.65±0.10 ^a
170	58.95±3.29 ^a	50.86±7.29 ^a	-11.90±0.58 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2 ชุดการทดลอง และค่าเฉลี่ยในข้อมูลคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3.4 อิทธิพลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่มีต่อการกระจายตัวของขนาดอนุภาค

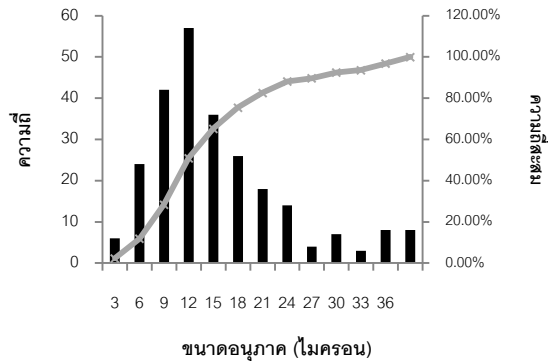
ตารางที่ 3 ความสามารถในการละลายและขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอย

อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า (°C)	ความสามารถในการละลาย (%)	ขนาดของอนุภาค (ไมโครเมตร)
130	96.90±0.71 ^a	13.69±1.86 ^a
150	95.80±2.54 ^a	11.79±0.56 ^a
170	96.90±1.27 ^a	10.28±2.36 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2 ชุดการทดลอง และค่าเฉลี่ยในข้อมูลคอลัมน์เดียวกันที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษแตกต่างกัน จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการตารางที่ 3 ผลของอุณหภูมิลมร้อนขาเข้าในการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่อการกระจายตัวของขนาดอนุภาคผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งแบบพ่นฝอยจะทำให้ความชื้นในอนุภาคลดลง ขนาดของอนุภาคที่ได้จึงมีขนาดเล็กกว่าอนุภาคที่ได้จากการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิต่ำกว่าแต่เนื่องจากขนาดอนุภาคมีการกระจายตัวสูงดังรูป

ที่ 1 ทำให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามากดังนั้นเมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติแล้วพบว่าขนาดอนุภาคไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ($p \geq 0.05$)



รูปที่ 1 การกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่ สภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส

3.4 อิทธิพลของอุณหภูมิผลึกน้ำแข็งที่มีต่อความสามารถในการละลาย

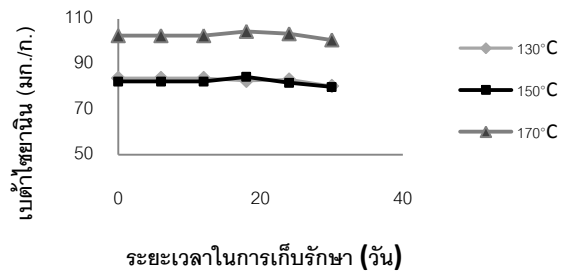
จากตารางที่ 3 พบว่าความสามารถในการละลายมีค่าอยู่ในช่วง 95.8-96.9% ซึ่งการแปรเปลี่ยนอุณหภูมิผลึกน้ำแข็งส่งผลให้ความสามารถในการละลายไม่มีความแตกต่างกันตามนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

3.5 อิทธิพลของอุณหภูมิผลึกน้ำแข็งที่มีต่อความคงตัวของเบต้าไซยานินระหว่างการเก็บรักษา

จากรูป 2 พบว่าปริมาณเบต้าไซยานินที่เวลาการเก็บต่างๆมีค่าใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้ปริมาณสีมีค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีสาเหตุเนื่องมาจากตัวพวยง (มอลโตเด็คซ์ตริน) มีส่วนช่วยให้เบต้าไซยานินสลายตัวช้า (Cai and Corke, 2006)

4 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการศึกษา พบว่าอุณหภูมิ 170 °C เหมาะสมที่จะทำการอบแห้ง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีที่สุดในแง่ของสี โดยมีความชื้นต่ำที่สุดคือ ร้อยละ 3.39 และมีปริมาณเบต้าไซยานินสูงสุดคือ 102.67 มิลลิกรัม/กรัม มีค่าสี ได้แก่ ค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 58.95, 50.86 และ -10.90



รูปที่ 2 ปริมาณเบต้าไซยานินระหว่างการเก็บรักษา 1 เดือน

ตามลำดับ ความสามารถในการละลายเท่ากับ ร้อยละ 96.90 และมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 10.28 ไมครอน ทั้งนี้พบว่าอุณหภูมิผลึกน้ำแข็งในช่วงที่ทำการศึกษาไม่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อความชื้นและปริมาณเบต้าไซยานิน แต่ไม่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าสี ความสามารถในการละลาย และขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 30 วันอุณหภูมิห้องพบว่าปริมาณเบต้าไซยานินและสีของผลิตภัณฑ์ยังคงไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้ง ดังนั้นการใช้วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยร่วมกับสารช่วยพวยงมีความเหมาะสมในการผลิตผงสีที่ได้จากการสกัดแก้วมังกรเพื่อใช้เป็นสีผสมอาหาร เนื่องจากเก็บรักษาได้นาน อีกทั้งยังดีต่อสุขภาพอนามัยผู้บริโภคด้วย

4. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร และภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่อนุเคราะห์เครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- วิภาดา สนองราษฎร์, วิภาวี ขำวิจิตร, วารินทร์ ยางเดิม, ปรียาภัทร เชาว์ชาญ และพัชราภรณ์ สารเสนา. การสกัดสารสีจากแก้วมังกร. วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, ปีที่ 2, ฉบับที่ 1, มกราคม-มิถุนายน 2552.
- AOAC. Official Method of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. 1999
- Cai, Y.Z. and Corke, H. Effect of Postharvest Treatments on Amaranthus

Betacyanin degradation evaluated by Visible/Near-Infrared Spectroscopy. *Journal of Food Science*. 2001, 66, 1112-1118.

Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C., Ramos, A.M. and Cal-Vidal, J., Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2005, 6, 420-428.

Jittanit,W., Niti-Att, S. and Techanuntaichai, O., Study of Spray Drying of Pineapple Juice Using Maltodextrin as an Adjunct. *Chiang Mai Journal of Science*. 2010, 37(3), 498-506.

Markus R.M., Florian C.S. and Reinhold. C., Development of a process for the production of a betalain-based colouring foodstuff from cactus pear. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2005, 6, 221-231

Niamnuy,C., Devahastin, S., Soponronnarit. S. and Raghavan, G.S.V. Kinetics of Astaxanthin Degradation and Color Changes of Dried Shrimp during Storage, *Journal of Food Engineering*. 2008, 87, 591-600