

ผลของปริมาณสารตัวพาต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของผงบีตาเลน จากผลผักปลังที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย

Effect of carrier quantity on the physicochemical properties of spray dried betalain powder from *Basella alba* L. fruit

ทัตดาว ภาชีพล¹, ประภาพร เพียสังกะ¹ และ เทราตรี แจ่งสนาม¹

Tatdao Paseephol¹, Prapaporn Phiasungka¹ and Ratree Jaengsanam¹

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของผงบีตาเลนจากผลผักปลังที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้มอลโทเดกซ์ทรีนเป็นสารตัวพาในปริมาณแตกต่างกัน (10 20 และ 30%) อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าและขาออกกำหนดไว้ที่ 170°C และ 90°C ตามลำดับ ผงบีตาเลนที่ได้นำมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ความหนาแน่นโดยรวม ค่าสี ปริมาณบีตาไซยานิน และความสามารถในการละลาย นอกจากนี้ยังศึกษาความคงตัวของบีตาเลนเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการศึกษา พบว่า การเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีน ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณน้ำอิสระ ค่าสีแดง (+a*) ความหนาแน่นโดยรวมและปริมาณบีตาไซยานินของผงบีตาเลนอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ในขณะที่ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีน้ำเงิน (-b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้การทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยมอลโทเดกซ์ทรีน 10% ทำให้ได้ผงสีที่มีสีแดงม่วงที่สุดและมีปริมาณบีตาเลนมากที่สุด เท่ากับ 103.02 มิลลิกรัม/100 กรัม โดยมีอัตราคงอยู่ 89.48% หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 4 สัปดาห์

คำสำคัญ: ผักปลัง, บีตาไซยานิน, มอลโทเดกซ์ทรีน, การทำแห้งแบบพ่นฝอย

ABSTRACT: This research aimed to the evaluation of the physicochemical properties of spray dried betalain powders from *Basella alba* L. fruit mixed with different concentrations of maltodextrin (10 20 and 30%). The inlet and outlet air temperatures were fixed at 170°C and 90°C, respectively. The obtained betalain powders were analyzed for moisture content, water activity, loose bulk density, color, betacyanin content and solubility. The betalain stability of the spray dried powder was also investigated for 4 weeks. The results showed that an increase in maltodextrin quantity resulted significant decreased in the water activity, redness value (+a*), loose bulk density and betacyanin content of spray dried powder (P<0.05) while the lightness (L*) and blueness (-b*) values tended to increase. Spray drying with 10% maltodextrin gave the most reddish purple powder with the highest betacyanin content of 103.02 mg/100g. This resulting powder had 89.48% retention rate after room temperature storage for 4 weeks.

Keywords: ceylon spinach, betacyanin, maltodextrin, spray drying

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Division of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University

* Corresponding author: tatdao_dao@yahoo.com

บทนำ

ผักปลัง (*Basella alba* L.) เป็นพืชไม้เลื้อยล้มลุกที่ปลูกเป็นผักกริมรั้วหรือขึ้นร้านพบทั่วไปในประเทศไทย มีการนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านอาหาร ทั้งการนำช่อดอก ยอดอ่อนและใบอ่อนมาลวกหรือต้มเป็นผักจิ้ม ผัดน้ำมันหรือใช้ทำแกงส้ม และการใช้ผลสุกที่มีสีม่วงอมดำ เนื่องจากมีรงควัตถุในกลุ่มบีตาเลน (betalains) มาแต่งสีในอาหารและขนมไทยชนิดต่าง ๆ งานวิจัยจำนวนหนึ่งศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผลผักปลัง (Lin et al., 2010; Reshmi et al., 2012) การสกัดบีตาเลนจากผลผักปลัง (ทวดดาว และคณะ, 2555) รวมทั้งการนำน้ำผลผักปลังไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น วุ้นสวรรค์ (มณชัย และคณะ, 2560) อย่างไรก็ตาม บีตาเลนมีความคงตัวค่อนข้างต่ำต่อความร้อน โดยเฉพาะสารละลายบีตาเลนในน้ำ อาจเกิดการเปลี่ยนสีไปเป็นสีน้ำตาล ทำให้การใช้งานและการเก็บรักษาสารสกัดสีในรูปของเหลวมีข้อจำกัด ในขณะที่รูปแบบผง จะช่วยเก็บรักษาบีตาเลนได้ดีขึ้น ซึ่งการผลิตบีตาเลนแบบผงนั้นนิยมใช้เทคนิคการเอนแคปซูเลชัน (encapsulation) ด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) เนื่องจากทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี มีปริมาณน้ำอิสระต่ำ มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) และยังช่วยรักษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ภขมน, 2556)

สารตัวพาหรือสารตัวกลางที่ใช้ในการเคลือบ (carrier หรือ encapsulating agents) ที่ใช้ในการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีหลายชนิด ได้แก่ กัมอารบิก (gum arabic) โซเดียมอัลจิเนต (sodium alginate) และแป้งดัดแปร (modified starch) เป็นต้น โดยมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) ซึ่งเป็นแป้งที่ผ่านการไฮโดรไลซ์บางส่วน มีการใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากเป็นผงขาวละลายน้ำดี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสหวาน ให้ความหนืดต่ำแม้ใช้ในระดับความเข้มข้นสูง และมีราคาถูก (Cai and Corke, 2000) มีงานวิจัยจำนวนหนึ่งศึกษาการผลิต คุณสมบัติและความคงตัวของสีบีตาเลนจากพืชชนิดต่าง ๆ ที่ผ่านการทำ

แห้งแบบพ่นฝอย เช่น Cai and Corke (2000) ศึกษาในผล *Amaranthus* โดยใช้มอลโทเดกซ์ทรินที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทรส (Dextrose Equivalent; DE) ระหว่าง 10-25 และแป้งข้าวโพดเป็นตัวยกกลาง Azeredo et al. (2007) ศึกษาในบีทรูทแดง โดยแปรอัตราส่วนระหว่างมอลโทเดกซ์ทรินต่อบีทรูทเป็น 3:1, 4:1 และ 5:1 ในขณะที่ Kumar and Giridhar (2016) ศึกษาความคงตัวของบีตาเลนจากผักปลังที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 50 ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 4°C สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินในการทำแห้งแบบพ่นฝอยแตกต่างกัน 3 ระดับที่มีต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพของผงสีบีตาเลนจากผลผักปลัง และศึกษาความคงตัวของผงสีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์

วิธีการศึกษา

การสกัดสีจากผลผักปลังดัดแปลงจากวิธีการของ ทวดดาว และคณะ (2555) โดยนำผลผักปลังสุกที่มีสีม่วงเข้ม (ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ 3.5-4°Brix และค่าพีเอช 4.7-4.9) ที่เก็บจากพื้นที่ในจังหวัดมหาสารคาม มาล้างน้ำ ให้สะอาดเด็ดน้ำ จากนั้นเด็ดผลสุกออกจากก้าน ผสมเข้ากับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:3 (w/v) คั้นเอาสีออกจากผลผักปลังด้วยมือ นำสารสกัดสีมารองผ่านผ้าขาวบาง เพื่อแยกส่วนที่เป็นเนื้อและเมล็ดออก และกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ภายใต้สุญญากาศ แบ่งสารละลายสีที่สกัดได้ออกเป็น 3 ส่วน นำมาผสมกับสารตัวพา คือ มอลโทเดกซ์ทริน (DE 20) ในปริมาณแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10 20 และ 30% (w/v) ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เมื่อส่วนผสมละลายเป็นเนื้อเดียวกันนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Buchi Mini-Spray Dryer B-290, Switzerland) โดยใช้สภาวะทำแห้งดัดแปลงจากงานวิจัยของ ชลิดา และคณะ (2554) กำหนดอุณหภูมิลมเข้า 170°C และอุณหภูมิลมออก 90°C ใช้ความดัน 1.4 กก./ ซม.² และอัตราการไหลของสาร

40 มล./นาที่ (ทำการทดลอง 2 ซ้ำ) เปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผงสี ดังต่อไปนี้

- การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ใช้วิธีการอบแห้งที่ 102°C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (AOAC, 2000)

- การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ (Aqua Lab Series 3 TE, USA)

- การวิเคราะห์ค่าสี ใช้เครื่องวัดสี (Minolta CR 400, Japan) ใช้ระบบสี CIE L^* a^* และ b^*

- การวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย (Solubility) ดัดแปลงจากวิธีของ ยวพร (2552) โดยชั่งผงสี 2.5 กรัม ละลายในน้ำเดือด 250 มล. ทิ้งไว้ 5 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 จากนั้นนำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 102°C นาน 6 ชม. รายงานค่าการละลายในหน่วยร้อยละ

- การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นโดยรวม (Loose bulk density) โดยชั่งผงสี 20 กรัม ใส่ในกระบอกตวงขนาด 100 มล. อ่านปริมาตรรวมคำนวณค่าจาก $\rho = m/V$ โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่นของวัตถุ (กรัม/มล.) m คือ มวลรวมของวัตถุ (กรัม) และ V คือ ปริมาตรรวมของวัตถุ (มล.) (ดัดแปลงจาก Goula and Adamopoulos, 2005)

- การวิเคราะห์ปริมาณบีตาเลนดัดแปลงจากวิภาดา และคณะ (2552) โดยละลายผงสี 0.1 กรัม ในน้ำ 100 มล. นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 nm คำนวณปริมาณบีตาเลนในรูปบีตาไซยานิน จากสูตร Betacyanin content (mg/100 g) = $[(A \times DF \times Mw \times V)/(\epsilon \times l \times W)] \times 100$ เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสง DF คือ Dilution factor Mw คือ มวลโมเลกุลของบีตาไซยานิน (550 กรัม/โมล) ϵ คือ Molar extinction coefficients (60,000 ลิตร/โมล ซม.) l คือ ระยะทางที่แสงส่องผ่าน (1 ซม.) W คือ น้ำหนักของผงสี (กรัม) และ V คือ ปริมาตรของสารละลาย (มล.)

การศึกษาความคงตัวของบีตาเลนในผงสีระหว่างการเก็บรักษา ดัดแปลงจากการทดลองของ ชลิดา และคณะ (2554) โดยบรรจุผงสีที่ใช้มอลโทเดกซ์ทรีนแตกต่างกัน (10, 20 และ 30%) ลงในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ขนาด 5x6 ซม. จำนวน 2 กรัม ปิด

ผนึกให้สนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง วิเคราะห์ปริมาณบีตาเลน ในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4

การวิเคราะห์ทางสถิติใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS® Version 16.0 โดยนำข้อมูลทางกายภาพและเคมี มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผงสีบีตาเลนที่ได้จากการทำแห้งน้ำผักปลังผสมกับมอลโทเดกซ์ทรีนในระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ มีสมบัติทางเคมีกายภาพแสดงดัง Table 1 การทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 170°C มีประสิทธิภาพในการทำให้ น้ำระเหยออกมาจากพื้นผิวของละอองสารละลาย จนทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง โดยผงสีทั้งหมดมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) อยู่ในช่วง 3.58-4.60% ใกล้เคียงกับผงสีจากแก้วมังกรแดงที่ผ่านการทำแห้งด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 170°C และมีปริมาณความชื้น 3.39% (ชลิดา และคณะ, 2554) อย่างไรก็ตาม การใช้ความเข้มข้นของมอลโทเดกซ์ทรีนเพิ่มขึ้น พบแนวโน้มการลดลงของความชื้นของผงสีที่ได้ อาจเนื่องจากสารละลายที่นำมาทำแห้ง มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงกว่า จึงทำแห้งได้เร็วกว่า (Porrarud and Praneer, 2007) รวมทั้งมอลโทเดกซ์ทรีนมีสมบัติช่วยลดการดูดความชื้นเข้าหาตัวผลิตภัณฑ์ (Cai and Corke, 2000) เมื่อใช้ในปริมาณสูงจึงช่วยให้คุณสมบัติการดูดความชื้นของผงผักปลังดีขึ้นสอดคล้องกับค่า a_w ของผงสีที่ใช้ปริมาณมอลโทเดกซ์ทรีน 20% และ 30% ที่มีค่าต่ำกว่าความเข้มข้น 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อิทธิพลของความเข้มข้นของมอลโทเดกซ์ทรีนที่มีต่อค่าสี (L^* a^* b^*) พบว่า การใช้มอลโทเดกซ์ทรีนเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ผงสีที่ได้มีสีแดงเข้มน้อยลง ซึ่งเป็นผลมาจากสีของมอลโทเดกซ์ทรีนที่เป็นสีขาว สังเกตได้จากค่า L^* ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และค่า a^* ที่มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ผลที่ได้มีความสอดคล้องกับผลวิจัยของ Quek et al. (2007)

ซึ่งพบว่า การเติมมอลโทเดกซ์ทรินมากกว่า 10% ทำให้ความเข้มข้นของสีของน้ำแดงโมลงลดลง สำหรับปริมาณบีตาไซยานินของผงสี พบว่า การใช้มอลโทเดกซ์ทรินเพิ่มมากขึ้น ทำให้รงควัตถุสีแดง-ม่วงแดง มีความเข้มข้นลดลง เนื่องจากทำให้สัดส่วนของของแข็งในส่วนผสมเพิ่มขึ้น ซึ่งจาก Table 1 การใช้มอลโทเดกซ์ทริน 10% ทำให้ผงสีมีปริมาณบีตาไซยานินมากที่สุด (103.02 ± 2.04 มก./100 ก.) และมากกว่าระดับการใช้ 20% และ 30% เท่ากับ 1.92 และ 3.28 เท่า ตามลำดับ

ความสามารถในการละลายน้ำของผงสี พบว่ามีค่า 99.9% เนื่องจากมอลโทเดกซ์ทรินที่ใช้มีค่า DE สูง ทำให้มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง ($P > 0.05$) ทั้งนี้ อาจเนื่องจากทุกตัวอย่างใช้สารตัวพา (Carrier) ชนิดเดียวกัน แม้มีความเข้มข้นแตกต่างกัน โครงสร้างของอนุภาคผงที่ผลิตได้จึงมีพื้นที่สัมผัสกับน้ำได้ดี

คล้ายคลึงกัน นอกจากนี้การทำแห้งยังใช้อุณหภูมิความร้อนเท่ากันและสูงพอต่อการทำให้น้ำบริเวณพื้นผิวระเหยออกไป ส่งผลให้อนุภาคไม่เกิดการรวมตัวกันเป็นก้อน เมื่อนำมาละลายจึงมีความสามารถในการละลายใกล้เคียงกัน (พรรณจิรา และคณะ, 2545)

ปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าความหนาแน่นโดยรวม (Loose bulk density) ของผงสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การเพิ่มปริมาณของมอลโทเดกซ์ทรินสูงขึ้น มีแนวโน้มทำให้ความหนาแน่นโดยรวมลดลง ซึ่งแสดงว่าอนุภาคของผลิตภัณฑ์มีปริมาตรเพิ่มมากขึ้นหรือมีขนาดอนุภาคของผงใหญ่ขึ้น สอดคล้องกับ ศุภมาศ และคณะ (2550) ที่รายงานว่า ทุเรียนผงที่ใช้มอลโทเดกซ์ทรินในปริมาณมากขึ้น มีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น เนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในสารละลายก่อนการทำแห้งมีค่าสูงขึ้น

Table 1 Physicochemical properties of spray dried betalain powder with various maltodextrin concentrations

Properties	10% Maltodextrin	20% Maltodextrin	30% Maltodextrin
Moisture content (%) ^{ns}	4.60 ± 1.11	4.02 ± 0.32	3.58 ± 0.37
Water activity	0.37 ± 0.02^a	0.33 ± 0.01^b	0.31 ± 0.01^b
L*	51.51 ± 1.52^c	54.52 ± 0.70^b	58.63 ± 0.98^a
a*	13.98 ± 0.57^a	13.44 ± 0.67^a	10.72 ± 0.67^b
b*	-5.75 ± 0.11^c	-6.87 ± 0.06^b	-7.67 ± 0.15^a
Betacyanin content (mg/100 g)	103.02 ± 2.04^a	53.72 ± 2.12^b	31.45 ± 1.08^c
Solubility (%) ^{ns}	99.97 ± 0.01	99.96 ± 0.01	99.95 ± 0.02
Loose bulk density (g/ml)	0.59 ± 0.03^a	0.48 ± 0.03^b	0.46 ± 0.02^b

Values represent means $\pm$ standard deviations.

^{a-c} Different letters in the same row indicate that the samples are significantly different ($P < 0.05$).

^{ns} Non-significant different ($P > 0.05$)

ผลการศึกษาความคงตัวของบีตาเลนในผงสีจากผักปลังระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ผงสีทุกตัวอย่างมีการลดลงของบีตาเลนอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 4 สัปดาห์ (Figure 1) โดยผงสีที่ใช้มอลโทเดกซ์ทริน 20% มีอัตราการลดลงของบีตาเลนต่ำที่สุด

(2.12 มก./100 ก./สัปดาห์) ตามด้วยการใช้มอลโทเดกซ์ทริน 10% (2.61 มก./100 ก./สัปดาห์) และ 30% (2.81 มก./100 ก./สัปดาห์) อย่างไรก็ตาม ผงสีที่มีความเข้มข้นของมอลโทเดกซ์ทริน 10% มีปริมาณบีตาเลนมากกว่าตัวอย่างอื่น ๆ ในสัปดาห์ที่ 4 คือ 92.18 มก./100 ก. ลดลง 10.52% ของปริมาณเริ่มต้น

เปรียบเทียบกับ การลดลงของปริมาณบีตาเลนในผงสีที่ใช้มอลโทเดกซ์ทริน 20% และ 30% คิดเป็น 15.13% และ 36.25% ของปริมาณเริ่มต้น ตามลำดับ ในขณะที่ Kumar and Giridhar (2016) รายงานการคงอยู่ของบีตาเลนในผงสีจากผลผักปลังที่ผ่านการ

ทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยมีมอลโทเดกซ์ทริน DE 10 ความเข้มข้น 50% เป็นสารตัวพา มีค่าสูงกว่า คือ 96.81% หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 2 ปี ความแตกต่างของผลวิจัยอาจเกิดจากสภาวะการทำแห้งและการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

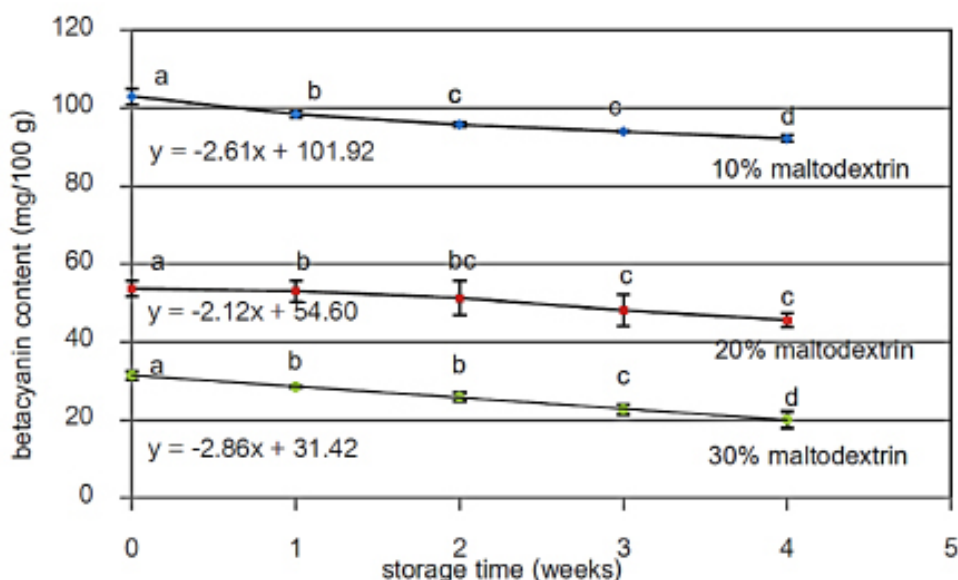


Figure 1 Betalain stability of the spray dried powder with various maltodextrin concentrations. Different letters in each line indicate significant different results ($P < 0.05$)

สรุป

การใช้มอลโทเดกซ์ทรินเป็นสารตัวพาในการทำแห้งแบบพ่นฝอยในปริมาณแตกต่างกัน ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณความชื้น (3.58–4.60%) และความสามารถในการละลาย (99.95–99.97%) ของผงสีจากผลผักปลัง ($P > 0.05$) แต่ปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินที่ใช้เพิ่มขึ้นจาก 10% เป็น 20 และ 30% มีแนวโน้มทำให้ความหนาแน่นโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จาก 0.59 เป็น 0.46 ก./มล. เช่นเดียวกับปริมาณ

น้ำอิสระลดลงจาก 0.37 เป็น 0.31 ทั้งนี้การใช้มอลโทเดกซ์ทริน 10% นับว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากทำให้ได้ผงสีที่มีปริมาณบีตาเลนมากที่สุด (103.02 มก./100 ก.) และมีสีม่วงแดงที่เข้มมากกว่าตัวอย่างอื่นๆ โดยมีค่า L^* ต่ำสุดและค่า a^* สูงสุดเท่ากับ 51.15 และ 13.98 ตามลำดับ เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ การใช้มอลโทเดกซ์ทริน 10% มีการลดลงของปริมาณบีตาเลนคิดเป็น 10.52% ของปริมาณเริ่มต้น ในอัตรา 2.61 มก./100 ก./สัปดาห์

เอกสารอ้างอิง

- ชลิดา เนียมนุ่น, สันติชัย สิริวัชรโรคม และอุษารัตน์ แว
ตระการ. 2554. ผลของการอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อ
คุณภาพของผงเบต้าไซยานินจากแก้วมังกรแดง. ว.
วิทย.เกษตร. 42(พิเศษ) : 209-212.
- หัตตดาว ภาชีผล, เยาวมาลย์ รักษาเคน และสุตารัตน์ นามโง.
2555. การสกัดปีตาเลนจากผลผักปลัง. ว. วิทย. เกษตร.
43(พิเศษ): 368-371.
- พรณจิรา วงศ์สวัสดิ์, มณฑิรา นพรัตน์, ดวงพร ตั้งบำรุงพงษ์
และสุเทพ อกนิษฐ์จารุพงศ์. 2545. กระบวนการผลิต
น้ำผักผลไม้รวมโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นกระจาย
และไม่โครเวฟสุญญากาศ. ว.วิจัยและพัฒนา มจร. 25:
257-278.
- มณชัย เดชสังกรานนท์, อมรรัตน์ สีสุทอง และณรงค์พันธุ์รัตน
ปนัดดา. 2560. การศึกษาเบื้องต้นของการผลิตหุ่น
สวรรค์จากน้ำผลไม้ผักปลังสุก. ว. ก้าวทันโลก
วิทยาศาสตร์. 17 : 11-36.
- ภขมน พืชญาจิตติพงษ์. 2556. การผลิตและสมบัติทางชีวภาพ
ของสีผสมอาหารจากเปลือกแก้วมังกรพันธุ์เนื้อผลสี
แดง (*Hylocercus polyrhizus*). วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุ
รนารี, นครราชสีมา.
- ยุวพร มูลคำ. 2552. การสกัดสารสีแดงจากเปลือกแก้วมังกร
และการประยุกต์ใช้ในสตรอเบอรี่ที่ผ่านกระบวนการ
พาสเจอไรซ์. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิทยาศาสตรมหา
บัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- วิภาดา สอนงราษฎร์, วิภาวี ขาววิจิตร, วารินทร์ ยางเดิม, ปรี
ยาภัทร เชาว์ชาญ และพัชราภรณ์ สารเสนา. 2552. การ
สกัดสารสีจากแก้วมังกร. วารสารวิชาการ
วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. 2: 9-15.
- ศุภมาศ กลิ่นขจร, ชุตินา อัครเสถียร, จิตติมา วรรณแก้ว และ
ภคินี อัครเวสสพงษ์. 2550. การวิจัยและพัฒนาการ
แปรรูปทุเรียนผง. อาหาร. 41: 88-97.
- AOAC. 2000. Official Method of Analysis. 15th Edition.
The Association of Official Analytical Chemists, VA.
- Azeredo, H.M.C., A.N. Santos, A.C.R. Souza, K.C.B.
Mendes, and M.I.R. Andrade. 2007. Betacyanin
stability during processing and storage of a
microencapsulated red beetroot extract. Amer. J.
Food Tech. 2 : 307-312.
- Cai, Y.Z., and H. Corke. 2000. Production and properties
of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments.
J. Food Sci. 65 : 1248-1252.
- Goula, A.M., and K.G. Adamopoulos. 2005. Spray drying
of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect
on powder properties. J. Food Eng. 66 : 35-42.
- Kumar, S.S., and P. Giridhar. 2016. Stabilization of
bioactive betalain pigment from fruits of *Basella*
rubra L. through maltodextrin encapsulation.
Madridge J. Food Tech. 1 : 66-70.
- Lin, S.M., B.H. Lin, W. M. Hsieh, H.J. Ko, C.D. Liu, L.G.
Chen, and R.Y.Y. Chiou. 2010. Structural
identification and bioactivities of red-violet
pigments present in *Basella alba* fruits. J. Agric.
Food Chem. 58 : 10364-10372.
- Porrarud, S., and A. Prane. 2007. Microencapsulation
of Zn- chlorophyll pigment from pandan leaf by
spray drying and its characteristics. Int. Food Res.
J. 17 : 1031-1042.
- Quek, S.Y., N.K. Chok, and P. Swedlund. 2007. The
physicochemical properties of spray-dried
watermelon powders. Chem. Eng. Proc.: Process
Intensification. 46 : 386-392.
- Reshmi, S.K., K.M. Aravinthan, and P. Suganya devi.
2012. Antioxidant analysis of betacyanin extracted
from *Basella alba* fruit. Int. J. Pharm Tech Res. 4
: 900-913.