ผลของมอลโทเดกซ์ทรินต่อลักษณะทางกายภาพบางประการของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงแห้งจากการทำแห้งแบบโฟม-แมท

Effects of Maltodextrin on Some Physical Characteristics of Foam-mat Dried Gac Aril Powder

รจนพรรณ บพิตรสุวรรณ (Rodchanapun Bopitsuwan)* ดร.ธนกร โรจนกร (Dr.Thanakorn Rojanakorn)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพบางประการของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงแห้งที่ผ่านการทำแห้งแบบโฟม-แมทโดยใช้เมทธิลเซลลูโลสซึ่งเป็นสารช่วยทำให้เกิดโฟมร้อยละ 1.5 และแปรปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินซึ่งเป็นสารช่วยทำแห้งเป็นร้อยละ 0 5 10 และ15โดยน้ำหนักของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสด จากนั้นนำของผสมไปตีปั่นให้เกิดโฟมเป็นเวลา 25 นาที นำโฟมที่ได้ไปเกลี่ยบนถาด (ความหนา 2 มิลลิเมตร) แล้วนำอบแห้งในตู้ทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสจนมีความชื้นสุดท้ายเป็นร้อยละ 8±1 (ฐานแห้ง) จากนั้นบดโฟมแห้งที่ได้ให้เป็นผงแห้ง นำตัวอย่างผงแห้งจากทุกสภาวะการทดลองไปวิเคราะห์ ค่ากิจกรรมของน้ำ การดูดความชื้นจากบรรยากาศ ความสามารถในการละลาย ระดับการจับกันเป็นก้อนและการเปลี่ยนแปลงสีรวม จากการทดลองพบว่าการเติมมอลโทเดกซ์ทรินไม่มีผลต่อกิจกรรมของน้ำในตัวอย่างแห้ง ($p>0.05$) นอกจากนี้แล้วการเติมมอลโทเดกซ์ทรินมีผลทำให้ค่าการดูดความชื้นจากบรรยากาศ และระดับการจับกันเป็นก้อนลดลง (p□0.05) ในขณะที่ความสามารถในการละลายและความแตกต่างของสีรวมเพิ่มขึ้น (p□0.05) ตัวอย่างผงแห้งที่เติมมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ10 และ 15 มีลักษณะทางกายภาพด้านต่างๆ ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังนั้นการเติมมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ10 จึงมีผลทำให้ลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงแห้งดีขึ้น

ABSTRACT

This study investigated some physical properties of foam-mat dried gac aril powder by using methylcellulose as a foaming agent at 1.5% . The level of maltodextrin as the drying aids was varied at a mass concentration of 0, 5, 10 and 15 % of the fresh gac aril. The mixture was then whipped for 25 min to form foam which was evenly spread on the tray (2-mm thick) and dried at 70°C in a cabinet tray dryer until the final moisture content reached 8±1% (dry basis). The dried foam was milled and analyzed for water activity, hygroscopicity, solubility, degree of caking and total color difference. It was found that incorporation of maltodextrin did not affect the water activity of all dried samples ($p>0.05$). In addition, maltodextrin adding resulted in a reduction of the hygroscopicity and degree of caking (p□ 0.05) and an increment of the solubility and total color difference (p□ 0.05). Physical properties of dried samples containing 10 and 15 % maltodextrin were not significantly different ($p>0.05$). Therefore, addition of maltodextrin at 10 % resulted in the gac aril powder with better physical properties.

คำสำคัญ: ฟักข้าว การทำแห้งแบบโฟม-แมท มอลโทเดกซ์ทริน

Keywords: Gac fruit, Foam-mat drying, Maltodextrin

*นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ฟักข้าวเป็นพืชในวงศ์แตง (Family Cucurbitaceae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Momordica cochinchinensis* Spreng มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศจีน พม่า ไทย ลาว บังกลาเทศ มาเลเซีย เวียดนามและฟิลิปปินส์ เป็นพืชพื้นบ้านที่มีประโยชน์ทางโภชนาการและมีคุณค่าทางสมุนไพร (สุธาทิพย์, 2550) จากงานวิจัยด้านคุณค่าทางโภชนาการของผลฟักข้าวพบว่าในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดของผลฟักข้าวสุกมีปริมาณเบต้าแคโรทีน มากกว่าแครอท 10 เท่า มีไลโคปีนมากกว่ามะเขือเทศ 12 เท่าและมีไขมัน (ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันสายยาว) ประมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีผลให้เบต้าแคโรทีนจากฟักข้าวถูกดูดซึมในร่างกายได้ดีเพราะละลายได้ในกรดไขมันดังกล่าว (Akoi et al., 2002)

โดยปกติแล้วผลฟักข้าวสุกมีปริมาณความชื้นสูง จึงเน่าเสียได้ง่าย ดังนั้นหากสามารถนำผลฟักข้าวสุกโดยเฉพาะส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ผงแห้งก็จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บยาวนานขึ้นสะดวกแก่การขนส่งและสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆต่อไปได้เช่นใช้เป็นสารแต่งสีและกลิ่นรสในไอศกรีม ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดเพื่อสุขภาพรวมทั้งการผลิตลูกอมสมุนไพร เป็นต้น อย่างไรก็ตามเยื่อหุ้มเมล็ดของผลฟักข้าวมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้รวมทั้งไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่สูง ดังนั้นจึงยากที่จะทำให้แห้งโดยใช้ลมร้อน ขณะเดียวกันการใช้ความร้อนในขณะทำแห้งที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดการสูญเสียสารสำคัญที่มีประโยชน์เช่นไลโคปีน รวมทั้งอาจทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวลดลง ดังนั้นจึงควรศึกษาหาวิธีที่จะทำให้เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวแห้งได้ด้วยลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งต่ำลงทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ฟักข้าวผงแห้งที่ยังคงหลงเหลือสารสำคัญที่มีประโยชน์ในปริมาณมากและยังคงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระเอาไว้ได้ดี

กระบวนการทำแห้งแบบโฟม-แมท (foam-mat drying) เป็นกระบวนการซึ่งอาหารที่เป็นของเหลวหรือกึ่งแข็ง-กึ่งเหลวถูกทำให้เกิดเป็นโฟมที่คงตัวโดยการตีปั่นอากาศเข้าไปในอาหารร่วมกับการเติมสารที่ทำให้เกิดโฟม (Foaming agent) จากนั้นนำโฟมของอาหารที่คงตัวเกลี่ยเป็นชั้นบางและนำไปทำแห้งด้วยลมร้อนการที่อาหารมีลักษณะเป็นโฟมจะช่วยให้น้ำระเหยออกจากอาหารได้อย่างรวดเร็วในระหว่างการทำแห้ง ดังนั้นผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จึงมีโครงสร้างที่เป็นรูพรุนและบดเป็นผงแห้งได้ง่ายรวมทั้งสามารถดูดน้ำกลับคืนได้อย่างรวดเร็ว (Thuwapanichayanan et al., 2008) การทำแห้งแบบโฟม-แมทสามารถผลิตอาหารแห้งที่มีคุณภาพสูงได้โดยใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อนและมีราคาไม่สูงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) หรือเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer) ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์ใช้การทำแห้งแบบโฟม-แมทในอุตสาหกรรมขนาดย่อมหรืออุตสาหกรรมชุมชนเพื่อผลิตอาหารผงจากผักผลไม้และสมุนไพรได้ (วิริยา และคณะ, 2552) แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟม-แมทมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นจากบรรยากาศได้ดี (high hygroscopicity) มีการเปลี่ยนแปลงสีอย่างรวดเร็วจับกันเป็นก้อนได้ง่ายจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่ได้ไม่คงตัวและใช้ประโยชน์ได้ในช่วงเวลาจำกัด (ธนวรรณ, 2556) ดังนั้นหากสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟม-แมทดูดความชื้นจากบรรยากาศได้น้อยลงและไม่เกาะกันเป็นก้อนแข็งรวมทั้งมีความคงตัวในระหว่างเก็บรักษาก็น่าจะช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ผงแห้งได้อย่างคุ้มค่า

มอลโทเดกซ์ทรินเป็นสารช่วยทำแห้งซึ่งมีรายงานงานว่าช่วยให้ผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีการละลายสูงขึ้นและดูดความชื้นกลับคืนได้น้อยลง นอกจากนี้สารดังกล่าวยังไม่มีสีและกลิ่น และช่วยจับกลิ่นรสและไขมันในผลิตภัณฑ์ได้ด้วย (Caliskan, Dirim, 2016) อย่างไรก็ตามผลของมอลโทเดกซ์ทรินต่อลักษณะทางกายภาพด้านต่างๆของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงแห้งที่ผ่านการทำแห้งแบบโฟม-แมทยังมีค่อนข้างจำกัด

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินต่อลักษณะทางกายภาพของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงแห้งที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟม-แมท

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวซึ่งซื้อจากเกษตรกรซึ่งปลูกผลฟักข้าวเชิงการค้าจาก อ.คง จ.นครราชสีมา โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการเตรียมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ดังนี้ คัดเลือกผลฟักข้าวสุกที่มีลักษณะเปลือกสีส้มแดงที่อยู่ในสภาพดี ไม่มีรอยแตกหรือรอยช้ำ แล้วนำไปล้างทำความสะอาดเพื่อกำจัด ฝุ่นเศษดินด้วยน้ำประปา จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำ นำผลฟักข้าวมาผ่าออกเป็นสองส่วนเพื่อคว้านเอาเยื่อหุ้มเมล็ดและเมล็ดออกมา นำเยื่อหุ้มเมล็ดมาแยกด้วยตะแกรงเพื่อแยกส่วนที่เป็นเมล็ดออก บรรจุเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวในถุงพลาสติก ถุงละ 1000 กรัม จากนั้นนำไปเก็บในตู้แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำมาทดลอง

2. การทำแห้งแบบโฟมของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว

นำเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวแช่เยือกแข็งไปละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10-12 ชั่วโมง (Marani et al., 2007) จากนั้นเตรียมโฟมโดยใช้เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผสมกับเมธิลเซลลูโลสที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว (Auisakchaiyoung ,Rojanakorn, 2015) แล้วแปรปริมาณมอลโทเดกซ์ทริน (DE =16) ที่ต้องเติมในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเป็นร้อยละ 0 5 10 และ15 โดยน้ำหนักของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว (วิริยา และคณะ, 2552 และ Jaya, Das, 2004) จากนั้นนำของผสมที่ได้ไปตีปั่นโดย kitchen aid mixer ที่ความเร็วสูงสุด 1400 rpm ให้เกิดโฟมเป็นเวลา 25 นาที (Auisakchaiyoung, Rojanakorn, 2015) นำโฟมที่สภาวะต่างๆ ไปทำแห้งโดยเกลี่ยบนถาดโลหะให้มีความหนา 2 มิลลิเมตรแล้วนำไปอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส จนได้ความชื้นสุดท้ายเป็นร้อยละ 8±1 โดยน้ำหนักแห้ง (ดัดแปลงจาก Auisakchaiyoung, Rojanakorn, 2015) จากนั้นนำมาบดให้เป็นผงแห้งแล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆดังนี้

- ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (Water Activity) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสด้วยเครื่องวัดค่ากิจกรรมของน้ำ (Aqua Lab series 3TE, Device Co., Germany)
- ความสามารถในการดูดความชื้นจากบรรยากาศ (Hygroscopicity) โดยชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผงแห้ง 1 กรัม ที่ผ่านการร่อนผ่านตะแกรง 500 ไมครอนลงในถ้วยอะลูมิเนียม นำไปวางในภาชนะบรรจุปิดสนิทที่บรรจุสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (ความชื้นสมบูรณ์ที่ 75.29% ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส) บันทึกน้ำหนักตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นหลังจากผ่านไป 1 สัปดาห์ คำนวณน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวอย่างต่อน้ำหนักผงแห้ง 100 กรัม (กรัม/100 กรัม) ดัดแปลงโดย (Jaya, das, 2004) และ (Sabhadinde, 2014)

คำนวณ Hygroscopicity (%) จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Hygroscopicity (\%)} = \frac{\square - \square}{100 - A} \times 100$$

เมื่อ □ คือ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวอย่าง (กรัม)

□ คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

A คือ ความชื้นของตัวอย่างผงแห้งเริ่มต้น (%, ฐานแห้ง)

- ความสามารถในการละลาย (Solubility)โดยชั่งตัวอย่างผงแห้ง 0.4 กรัม นำไปละลายน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ ที่อุณหภูมิห้อง กวนด้วย magnetic stirrer นาน 5 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3000 x g นาน 5 นาที ดูดเฉพาะส่วนใส 25 มิลลิลิตร ลง moisture can ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน อบที่ 102 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง (Jaya, das, 2004)

คำนวณความสามารถในการละลาย (%) จากสมการดังต่อไปนี้

$$\%\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square = \frac{(\square_2)\ \square\ 100}{\square_1}$$

เมื่อ $\square_1$ คือ น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ (กรัม)

$\square_2$ คือ น้ำหนักตัวอย่างสุดท้ายของสารละลายตัวอย่างหลังอบแห้ง (กรัม)

- ระดับการจับตัวเป็นก้อน (Degree of caking) โดยนำตัวอย่างหลังจากวิเคราะห์ความสามารถในการดูดความชื้นจากบรรยากาศไปอบที่ 102±2 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นจากนั้นนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 500 ไมครอน เป็นเวลา 5 นาที โดยใช้ชุดวิเคราะห์ขนาดอนุภาคอาหารแข็งแบบตะแกรงร่อน ซึ่งตะแกรงร่อนวางอยู่บนเครื่องเขย่า (Rotap shaker) ปรับความถี่ในการเขย่าเป็นร้อยละ 70 ของความถี่สูงสุด จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ค้างอยู่บนตะแกรงร่อน (Jaya, das, 2004)

คำนวณ Degree of caking (%) จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Degree of caking } (\%) = \frac{\square}{\square}\ \square\ 100$$

เมื่อ c คือ น้ำหนักตัวอย่างที่ค้างบนตะแกรงร่อน (กรัม)

d คือ น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดก่อนร่อน (กรัม)

- ค่าสี นำเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงแห้งมาวัดค่าสีในระบบ CIE (L*, a*, b*) แหล่งแสง D65 (day light 6500 Observe) ด้วยเครื่อง Chroma meter (Minalta CR-300, Japan) จานั้นคำนวณหาความแตกต่างของสีรวม (**ΔE***) ตามสมการต่อไปนี้

$$\Delta\square^* = \sqrt{\Delta\square^{*2} + \Delta\square^{*2} + \Delta\square^{*2}}$$

เมื่อ L* =ค่าความสว่าง a* = ค่าความเป็นสีแดง b* = ค่าความเป็นสีเหลือง ในการหาความแตกต่างของสีรวมนั้นจะใช้สีของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสดเป็นตัวเปรียบเทียบ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองขั้นนี้ได้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย วิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ

ผลการวิจัย

ผลของปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินต่อสมบัติทางกายภาพอันได้แก่ ค่ากิจกรรมของน้ำ (water activity) ความสามารถในการละลาย (solubility) การดูดความชื้นจากบรรยากาศ (hygroscopicity) ระดับการจับตัวเป็นก้อน (degree of caking) และความแตกต่างของสีรวมของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงแห้งที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟม-แมท แสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ผลของปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินต่อความสามารถในการละลาย การดูดความชื้นจากบรรยากาศ ระดับการจับก้อนและค่ากิจกรรมของน้ำของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงแห้ง

มอลโทเดกซ์ทริน (ร้อยละ)	ค่ากิจกรรมของน้ำ	การดูดความชื้นจากบรรยากาศ (ร้อยละ)	ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)	ระดับการจับตัวเป็นก้อน (ร้อยละ)
0	0.443±0.002[a]	15.21±0.13[a]	41.04±5.83[b]	2.99±0.33[a]
5	0.442±0.001[a]	13.47±0.06[b]	48.59±0.50[a]	2.63±0.14[a]
10	0.446±0.002[a]	13.24±0.16b[c]	51.23±0.33[a]	1.72±0.26[b]
15	0.443±0.003[a]	13.07±0.11[c]	52.30±0.28[a]	1.43±0.25[b]

a b..ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p□0.05)

ค่ากิจกรรมของน้ำของผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟมแมทอยู่ระหว่าง 0.442 ถึง 0.446 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ดังนั้นปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินจึงไม่ส่งผลกระทบต่อค่ากิจกรรมของน้ำของตัวอย่างผงแห้งที่ได้ (ตารางที่ 1)

การเติมมอลโทเดกซ์ทรินทำให้ตัวอย่างผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวดูดความชื้นจากบรรยากาศได้น้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ (p□0.05) โดยที่ผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวซึ่งไม่เติมมอลโทเดกซ์ทรินสามารถดูดความชื้นจากบรรยากาศได้ร้อยละ 15.21 เมื่อเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินเป็นร้อยละ 5 10 และ 15 มีผลทำให้ผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวดูดความชื้นจากบรรยากาศได้น้อยลงเป็นร้อยละ 13.47 13.24 และ 12.30 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมอลโทเดกซ์ทรินมีผลทำให้สมดุลของไฮโดรฟิลลิกและไฮโดรโฟบิกในระบบของผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเปลี่ยนไปกล่าวคือมอลโทเดกซ์ทรินไปเพิ่มความไม่ชอบน้ำ (hydrophobicity)ในระบบของผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวให้สูงขึ้นจึงทำให้ความสามารถในการดูดความชื้นจากบรรยากาศลดลง (Farahnaky *et al*., 2016)

เมื่อพิจารณาถึงค่าระดับการจับตัวเป็นก้อนของผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวพบว่าการเติมมอลโทเดกซ์ทรินมีผลทำให้ค่าดังกล่าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (p□0.05) กล่าวคือการเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 5 10 และ 15 มีผลทำให้ค่าระดับการจับตัวเป็นก้อนลดลงจากร้อยละ 2.99 เป็นร้อยละ 2.63 1.72 และ 1.43 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมอลโทเดกซ์ทรินมีผลทำให้สมดุลของไฮโดรฟิลลิกและไฮโดรโฟบิกในระบบของผงเยื่อหุ้ม

เมล็ดฟักข้าวเปลี่ยนไปกล่าวคือมอลโทเดกซ์ทรินไปเพิ่มความไม่ชอบน้ำ (hydrophobicity)ในระบบของผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวให้สูงขึ้นจึงทำให้ความสามารถในการดูดความชื้นจากบรรยากาศและการจับตัวกันเป็นก้อนลดลง (Farahnaky *et al*., 2016) นอกจากนี้แล้วมอลโทเดกซ์ทรินซึ่งมีอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (glass transition temperature) เป็น 76.76 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อเติมลงไปในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว จึงมีผลทำให้ผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วสูงขึ้น ส่งให้ผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีความคงตัวต่อสภาพบรรยากาศมากขึ้นดังนั้นการดูดไอน้ำจากบรรยากาศและการจับกันเป็นก้อนจึงลดลง (Farahnaky *et al*., 2016)

จากตารางที่ 1 ยังพบอีกว่าการเติมมอลโทเดกซ์ทรินทำให้ผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเพิ่มขึ้น (p□0.05) โดยที่ตัวอย่างผงแห้งที่ไม่เติมมอลโทเดกซ์ทรินมีความสามารถในการละลายร้อยละ 41.04 ส่วนตัวอย่างผงแห้งที่เติมมอลโทเดกซ์ทริน ร้อยละ 5 10 และ 15 มีความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นเป็น 48.59 51.23 และ 52.30 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมอลโทเดกซ์ทรินซึ่งเป็นสารช่วยในการทำแห้งทำให้อนุภาคผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีความเป็นรูพรุนมากขึ้นเมื่อนำไปละลายน้ำจึงละลายได้ดีขึ้นเพราะมีพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับน้ำเพิ่มขึ้น ผลงานวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Erbay, Kocat (2015) ซึ่งรายงานว่าเนยแข็งผงที่เติมมอลโทเดกซ์ทรินมีความสามารถในการละลายสูงขึ้นเมื่อเทียบกับเนยแข็งผงที่ไม่ได้เติมมอลโทเดกซ์ทริน นอกจากนี้ Goula, Adamopoulos (2008) ยัง รายงานว่า การเติมมอลโทเดกซ์ทริน (DE 6, DE12, DE21) ทำให้มะเขือเทศผงที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีการดูดความชื้นจากบรรยากาศและการจับตัวกันเป็นก้อนลดลงในขณะที่การละลายสูงขึ้น Phoungchandang, Sertwasana (2010) รายงานว่าการเติมมอลโทเดกซ์ทรินทำให้ขิงผงที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยมีการละลายดีขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่เติมมอลโทเดกซ์ทริน

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินต่อค่าสีของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงแห้ง

มอลโทเดกซ์ทริน (ร้อยละ)	ค่าความสว่าง (L*)	ค่าความเป็นสีแดง (a*)	ค่าความเป็นสีเหลือง (b*)	ค่าความแตกต่างของสีรวม(ΔE*)
0	48.60±0.29[a]	27.11±0.56[a]	24.41±0.62[a]	13.43±0.12[a]
5	51.66±0.14[b]	27.03±0.11[a]	27.10±0.44[b]	16.38±0.22[b]
10	54.75±0.21[c]	26.96±0.10[a]	30.34±0.35[c]	20.69±0.17[c]
15	55.01±0.24[c]	27.20±0.12[a]	30.52±0.16[c]	20.78±0.29[c]

a b..ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p□0.05)

จากตารางที่ 2 พบว่าการเติมมอลโทเดกซ์ทรินส่งผลให้ตัวอย่างผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีค่าความสว่าง และความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (p□0.05) แต่การเติมมอลโทเดกซ์ทรินที่ร้อยละ 10 และ 15 มีผลให้ตัวอย่างแห้งมีค่าความสว่าง และความเป็นสีเหลืองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) สำหรับค่าความเป็นสีแดงพบว่าตัวอย่างผงแห้งทั้งที่เติมและไม่เติมมอลโทเดกซ์ทรินมีค่าความเป็นสีแดงไม่แตกต่างกัน (p>0.05) การเติมมอลโทเดกซ์ทรินทำให้

ตัวอย่างผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีการเปลี่ยนแปลงสีรวมสูงขึ้นโดยการเติมมอลโทเดกซ์ทรินที่ร้อยละ 10 และ15 มีการเปลี่ยนแปลงสีรวมที่ไม่ต่างกันทางสถิติ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินทำให้ตัวอย่างผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีสีที่แตกต่างจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสดมากขึ้น ดังนั้นเมื่อนำผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่มีส่วนผสมของมอลโทเดกซ์ทรินไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอาจทำสีของผลิตภัณฑ์ด้อยกว่าการใช้เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสด

สรุปผลการวิจัย

การเติมมอลโทเดกซ์ทรินมีผลทำให้ตัวอย่างเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงแห้งที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟมแมทดูดความชื้นจากบรรยากาศ และจับตัวกันเป็นก้อนน้อยลง รวมทั้งยังทำให้ความสามารถในการละลายสูงขึ้น นอกจากนี้การเติมมอลโทเดกซ์ทรินไม่มีผลกระทบต่อค่ากิจกรรมของน้ำของตัวอย่างผงแห้ง อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณมอลโทเดกซ์ทรินทำให้ตัวอย่างผงเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวมีสีที่แตกต่างจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสดมากขึ้น เนื่องจากลักษณะทางกายภาพด้านต่างๆของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงแห้งที่เติมมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ10 และ 15 ไม่แตกต่างกัน ($p<0.05$) ดังนั้นการเติมมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสดมีผลทำให้ตัวอย่างเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวผงแห้งที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟมแมทมีคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาและภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนบางส่วนในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

วิริยา พรมกอง, อภิญญา เอกพงษ์, เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด. การศึกษากระบวนการผลิตมะขามอบแห้งแบบโฟม. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2552.

สุธาทิพย์ ภมรประวัติ. ฟักข้าวอาหารต้านมะเร็ง (นิตยสารหมอชาวบ้าน ฉบับที่ 340) [ออนไลน์] 2550 [อ้างเมื่อ 9 สิงหาคม 2554]. จาก http://www.doctor.or.th/node/1060.

ธนวรรณ อวยศักดิ์ไชยงค์. การผลิตฟักข้าวผงแห้งโดยการทำแห้งแบบโฟม-แมทและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร]. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2556.

Akoi H, Kieu MTN, Kuze N, Tomisaka K, Chuyen VN. Carotenoid pigments in gac fruit (*Momordica cochinchinenensis* Spreng). J Biosci Biotech and Biochem 2002; 66(11): 2479–2482.

AOAC. Official methods of analysis of AOAC international. Volume 2, 17th ed. AOAC international 2000.

Auisakchaiyoung T and Rojanakorn T. Effect of foam-mat drying conditions on quality of dried Gac fruit (*Momordica cochinchinensis*) aril. International Food Recherch Journal 2015; 22: 2025-2031.

Caliskan G and Dirim SN. The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. J Powder Technology 2016; 287: 308–314.

Erbay Z, Kocat N. Effects of whey or maltodextrin addition during production on physical quality of white cheese powder during storage. J Dairy Sci 2015; 98: 8391–8404.

Farahnaky A, Mansoori N, Majzoobi M, Badii F. Physicochemical and sorption isotherm propertiesof date syrup powder: Antiplasticizing effect ofmaltodextrin. J Food and Bioproducts Processing 2016; 98: 133-141.

Goula AM, Adamopoulos KG. Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. powder properties. Int J Drying Technology 2008; 26: 726-737.

Jaya S, Das H. Effect of maltodextrin, glycerol monosterate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. J Food Eng 2004; 63: 125-134.

Marani CM, Agenlli ME, Mascheroni RH. Osmo-frozen fruits: mass transfer and quality evaluation. J Food Eng 2007; 79: 1122-1130.

Phoungchandang S, Sertwasana A. Spray-drying of ginger juice and physicochemical properties of ginger powders. ScienceAsia 2010; 36: 40-45.

Sabhadinde VN. The physicochemical and srorage properties of spray-dried orange juice powder. Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences 2014; 2231-6345.

Thuwapanichayanan R, Prachayawarakorn S, Soponronnarit S. Drying characteristics and quality of banana foam mat. J Food Eng 2008; 86: 573–583.