# การผลิตเนื้อลูกตาลสุกผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท และการประยุกต์ใช้ในขนมไทย

# Production of Foam-mat Dried Ripe Palmyrah Fruit Pulp Powder and Its Application in Thai Desser

**จิตตะวัน กุโบลา[1] ชุลีพร บุ้งทอง[1] เทวิกา กีรติบูรณะ[1] เพียรพรรณ สุภะโคตร[1] จตุพัฒน์ สมัปปิโต[1] และกมลพร สิทธิไตรย์[1]**

**Jittawan Kubola[1] Chuleeporn Bungtong[1] Thewika Keeratiburana[1] Pianpan Supakot[1] Jatupat Samappito[1] and Kamonporn Sitthitrai[1]**

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการผลิตเนื้อตาลสุกผง ด้วยวิธีทำแห้งแบบโฟมแมทโดยใช้สารก่อโฟม 2 ชนิด คือ เอสพี และโปรตีนถั่วเหลือง อัตราส่วนสารก่อโฟม 3 ระดับ คือ 1 : 10, 1.5 : 10 และ 2 : 10 ร้อยละโดยน้ำหนัก และปริมาณของสารก่อโฟม 3 ระดับ คือ 2.5, 5 และ 10 ร้อยละโดยน้ำหนัก นำเนื้อตาลผงไปศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิครวมทั้งหมด ตลอดจนการนำเนื้อตาลสุกผงมาทดแทนเนื้อตาลสดในการทำขนมตาล จากการศึกษาพบว่าอัตราที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อลูกตาลสุกผงคือ ปริมาณสารก่อโฟมระหว่าง เอสพี : โปรตีนถั่วเหลืองที่อัตราส่วน 1: 10 ปริมาณสารก่อโฟมร้อยละ 5 และมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ(11.65±0.57%) และสารประกอบฟีนอลิครวมทั้งหมด (2.46±0.06 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อสารสกัดตัวอย่าง 1 กรัม) สูงที่สุดเมื่อเทียบกับกับตัวอย่างอื่น ($p>0.05$) การทดสอบคุณภาพ ทางประสาทสัมผัสของขนมตาล พบว่าในด้านคุณภาพของสี กลิ่น และรสชาติ ผู้บริโภคให้คะแนนขนมตาลที่ทำจากเนื้อตาลผง 7.2-7.3 ในระดับคะแนนที่เท่ากัน มีใกล้เคียงกับขนมตาลที่ทำจาก เนื้อตาลสด นั้นแสดงให้เห็นว่าเนื้อตาลผงสุกที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีทำแห้งแบบโฟมแมทสามารถนำมาทดแทนเนื้อตาลสดในการทำขนมตาล

**คำสำคัญ**: เนื้อตาลสุก, การทำแห้งแบบโฟมแมท, ขนมไทย

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

[1] Department of Food Science, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University

## Abstract

The research was conducted to produce ripe Palmyra plam powder via foam-mat drying method using two different foaming agents including SP and soy bean protein. Three different ratios of SP and soy bean protein as 1:10, 1.5:10 and 2:10 with three different amount of the mixed foaming agents as 2.5,5 and 10(% w/w) were formulated in this study. The obtained powders were then determined for physical properties, antioxidant activity and total phenolic compound. Additionally, its application in toddy palm cake was also evaluated. The result showed that the use of SP: soy bean protein at a ratio of 1:10 with 5% (w/w) of amount use was the optimal condition for Palmyra plam powder production as evidenced by the higher DPPH radical scavenging activity (11.65±0.57%) and total phenolic compounds (2.46±0.06 mg GAE/g), compared with other treatments ($p>0.05$). The sensory evaluation showed that toddy palm cake prepared from Palmyra plam powder had likeness scores of color smell and flavor attributes in the range of 7.2-7.3, similarly to that of fresh Palmyra plam fruit. As a consequent, ripen Palmyra plam powder prepared from foam-mat drying method may potentially substitute for fresh Palmyra plam fruit in toddy palm cake.


**Keywords**: palmyra plam powder, foam-mat drying, Thai dessert

**บทนำ**

ตาลโตนดเป็นปาล์มชนิดหนึ่งอยู่ในสกุล Borassus พบได้ทั่วไปในประเทศไทย เช่น จังหวัดสงขลา เพชรบุรี ราชบุรี สุพรรณบุรี นครปฐม และชัยนาท เป็นต้น (พจน์, 2540; ปิฎฐะ, 2535) เนื้อลูกตาลสุกมีคุณค่าทางโภชนาการ ทั้งโปรตีน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเส้นใยอาหาร เป็นต้น (Department of Health, 1987) เป็นผลไม้ที่ให้ผลผลิตตามฤดูกาล ผลตาลจะสุกระหว่างเดือน พฤษภาคม-ตุลาคม ตาลสุกมีอายุการเก็บรักษาสั้น การเสื่อมเสียเริ่มหลังผลตาลหล่นจากต้น กลิ่นรสผิดปกติ และไม่ปลอดภัยต่อ การบริโภค จึงสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ในประเทศไทยใช้เนื้อตาลสุกเป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำขนมตาล โดยขนมมีกลิ่นเฉพาะของตาล นอกจากนี้ยังใช้เนื้อตาลสุกตกแต่งสี กลิ่น และรสขนมต่างๆเพื่อให้แปลกใหม่ออกไป เช่น บัวลอย ขนมขี้หนู ตะโก้ บัวลอย เป็นต้น (มนัสนันท์ และคณะ, 2541) การเตรียมเนื้อตาลสุกเพื่อผสมในอาหารต้องใช้เวลานาน และเนื้อตาลเกิดการเน่าเสียง่าย ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาในเรื่องระยะเวลาการเก็บรักษา และลดขั้นตอน การเตรียมเนื้อตาล คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเนื้อตาลสุกมาทำแห้งให้เป็นผง เพื่อง่ายต่อการ แปรรูปต่อไป กฤติกา และคณะ (2559) ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการทำแห้งต่อลักษณะผงตาลสุกโดยการใช้วิธีการทำแห้งด้วยวิธีแบบระเหิด (freeze dryer) แบบลูกกลิ้งคู่ (drum dryer) และ แบบถาด(tray dryer) เนื้อตาลสุกที่ผ่านการทำแห้งด้วย freeze dryer มีคุณภาพดีที่สุด คือมีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดสูง รองลงมาคือผงตาลสุกที่ผ่านการทำแห้งด้วย drum dryer วิธีการผลิตอาหารผงที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน คือ การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีราคาแพง ต้องใช้เงินลงทุนสูง และอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ผลิตอาหารผงได้ คือ วิธีการอบแห้งแบบโฟมแมท (foam-mat) ซึ่งสามารถทำให้วัตถุดิบที่แห้งยาก ที่มีลักษณะเหลวหรือกึ่งเหลว สามารถแห้งได้ภายใต้สภาวะการอบแห้งด้วยลมร้อน โดยนำมาทำให้เกิดฟองที่คงตัวก่อนนำไปอบด้วยเตาอบลมร้อน และเมื่ออาหารแห้งจะสามารถกะเทาะออกมาเป็นเกล็ดหรือผงได้ สิ่งสำคัญของกระบวนการนี้คือ ความคงตัวของโฟมตลอดระยะในระหว่างกระบวนการทำแห้ง หากเกิดการยุบตัวของโฟมระหว่างการทำแห้งจะทำให้อัตราการทำแห้งลดลง และส่งผลต่อคุณภาพของ

ผลิตภัณฑ์สุดท้าย อาหารที่มีโปรตีนจะสามารถทำให้เกิดโฟมได้ แต่โฟมที่เกิดขึ้นอาจจะมีความคงตัวต่ำไม่สามารถคงอยู่ตลอดการทำแห้งได้ สำหรับอาหารที่ไม่มีโปรตีนจำเป็นต้องใช้สารช่วยให้เกิดโฟม และสารรักษาความคงตัวของโฟม ซึ่งที่นิยมใช้คือ กลีเซอรอลโมโน -สเตียเรต (glyceral monostearate) ซอยโปรตีนไอโซเลต โปรตีนไข่ขาว (egg albumin) (วราภรณ์, 2556) วิธีการอบแห้งแบบโฟมแมท มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ เหมาะสมกับวัตถุดิบที่ไวต่อความร้อน มีความเหนียวหรือหนืด หรือมีปริมาณน้ำตาลสูง (Labella., 1984; วราภรณ์, 2556) ซึ่งพบว่าเนื้อตาลสุกที่ใช้ในการทดลองมีองค์ประกอบของน้ำตาลและเป็นของเหลวที่มีความหนืดสูง มีผลต่อการทำแห้งและการติดเหนียวของเนื้อตาลผงในระหว่างและหลังการทำแห้ง นอกจากนี้เนื้อตาลมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งทั้งหมด (%TS) น้อย ต้องใช้สารเสริมช่วยในการทำแห้ง ซึ่งคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะใช้สารที่ทำให้เกิดโฟมชนิดอื่นที่มีราคาถูกหาได้ในท้องตลาดทั่วไป คือ โปรตีนถั่วเหลือง (soy bean protein) ที่ช่วยให้เกิดการคงตัวของโฟม มาใช้ร่วมกับ เอสพี (SP) ซึ่งเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการทำเค้ก ที่มีราคาถูก โดยสารทั้งสองชนิดสามารถหาซื้อได้ตามร้านจำหน่ายอุปกรณ์เบเกอรี่ทั่วไป ทำให้ช่วยลดต้นทุนการผลิตและสามารถนำไปเผยแพร่สู่ชุมชนโดยเฉพาะกลุ่มอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมต่อไปในอนาคตได้ รวมถึงเพื่อเป็นการถนอมรักษาเนื้อตาลสุกให้มีคุณภาพใกล้เคียงธรรมชาติ

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษากระบวนการผลิตเนื้อลูกตาลสุกผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท เปรียบเทียบสารที่ก่อให้เกิดโฟม ความเข้มข้นของสารที่ก่อให้เกิดโฟม และอุณหภูมิ อบแห้งตลอดจนการนำไปประยุกต์ใช้ในขนมตาล เพื่อให้เกิดความสะดวกในการนำเนื้อตาลใช้ประโยชน์ในลักษณะต่างๆ

## วิธีการวิจัย

**การเตรียมเนื้อตาล**

คัดลูกตาลที่มีคุณภาพไม่เน่าเสียล้างทำความสะอาดผลตาล ลอกหรือปลอกเปลือกผิวตาลสีดำออกให้หมด ล้างให้สะอาด ฉีกออกเป็นพู ลักษณะเนื้อภายในของตาลมีสีเหลืองส้ม ดึงเส้นที่อยู่ตรงเส้นเมล็ดออก (บริเวณนี้จะทำให้เนื้อตาลมีรสขม) รีดเนื้อในน้ำสะอาด กรองเนื้อลูกตาลที่สกัดได้ ผึ่งให้สะเด็ดน้ำข้ามคืน หรือประมาณ 8 ชั่วโมง เนื้อตาลที่ได้เก็บแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

**การศึกษากระบวนการผลิตเนื้อลูกตาลสุกผง**

ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อลูกตาลสุกผง โดยวิธีทำแห้งแบบโฟมแมทโดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล ทำการศึกษา 2 ปัจจัย 3 ระดับ คือ อัตราส่วนที่เหมาะสมของสารก่อโฟม 2 ชนิด คือ เอสพี และโปรตีนถั่วเหลือง โดยศึกษาอัตราส่วนสารก่อโฟม 3 ระดับ คือ 1 : 10, 1.5 : 10 และ 2 : 10 โดยน้ำหนัก และศึกษาปริมาณของสารก่อโฟม 3 ระดับ คือ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก นำสารก่อโฟมมาตีให้ขึ้นโฟมในเครื่องผสมอาหารที่ความเร็วรอบสูงสุด ดัดแปลงตามวิธีของวัชรี (2561) และนำเนื้อลูกตาลสุกมาตีปั่นให้ขึ้นโฟมอีกครั้งโดยใช้ความเร็วรอบสูงสุด นาน 25 นาที นำโฟมที่ได้ใส่ในถาดให้ความหนาของโฟม 1 มิลลิเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที นำผลิตภัณฑ์เนื้อลูกตาลสุกผงที่ได้มาบรรจุใส่ถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปทดสอบในขั้นต่อไป

**การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ**

1. **การวัดค่าสี**ของตัวอย่างเนื้อตาลสุกผง โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่นMiniScan EZ (LAV) วัดการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L* หรือ lightness), ค่าสีแดง (a* หรือ redness) และ ค่าสีเหลือง (b* หรือ yellowness) บันทึกผลการทดสอบ 3 ซ้ำ

**2. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น** โดยชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 5 กรัม ใส่ในกระป๋องอะลูมิเนียมสำหรับหาปริมาณความชื้นที่ทราบน้ำหนักคงที่ นำไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Memmert: DIN 12880-KI., Germany) ที่

อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะ เวลา 3 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่หาน้ำหนักที่หายไป คำนวณหาร้อยละของปริมาณความชื้น

**3. วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด** (total soluble solid, TSS) โดยใช้ Hand refract meter

**4. การวัดค่า water activity** ($a_w$) โดยใช้เครื่องรุ่น LabStart-awSet

**5. การวิเคราะห์ความหนาแน่นของโฟม** ดัดแปลงจากวิธีการคุ้มเกล้า และพนิดา (2553)

ชั่งตัวอย่างโฟมบรรจุในกระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร นำมวลของโฟมที่ได้ไปหารกับปริมาตรกระบอกตวงจะได้ค่าความหนาแน่น

ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม.) =น้ำหนักของโฟม/ปริมาตร

**6. การวิเคราะห์ความคงตัวของโฟม** ดัดแปลงจากวิธีการของคุ้มเกล้า และพนิดา (2553)

บรรจุโฟมลงในกรวยกรองที่ทราบปริมาณโดยรองรับของเหลวที่แยกตัวออกมาด้วยกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 60 นาที บันทึกปริมาตรของเหลวที่แยกออกมาทุกๆ 10 นาที ความคงตัวของโฟม (ลบ.ซม./นาที) = ปริมาณของโฟมที่เป็นของเหลวครึ่งหนึ่งของปริมาตรทั้งหมด/ระยะเวลา

**การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี**

1) การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

นำตัวอย่างเนื้อลูกตาลสุกผง รวมตัวอย่างทั้งหมด 9 ตัวอย่าง มาทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ เพื่อทดสอบหาค่า DPPH radical scavenging activity ทำตามวิธีของ Kubola et al. (2011) โดยเตรียมสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.004 % หลีกเลี่ยงการถูกแสง ดูดตัวอย่างสารสกัดมา 0.1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 3.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วไปตั้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

$A_{DPPH}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่าง

$A_{SAMPLE}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

$$\%\ \text{radical scavenging} = \frac{(A_{DPPH} - A_{SAMPLE}) \times 100}{A_{DPPH}}$$

2) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมทั้งหมด

วิเคราะห์โดยใช้ Folin-Ciocalteu method ตามวิธีของ Chidambara et al. (2002) สร้างกราฟมาตรฐานของสารละลาย gallic acid โดยปิเปตสารละลาย gallic acid ที่มีความเข้มข้น 12.5, 25, 50, 100, 200 µg/ml ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร เติมในหลอดทดลอง Folin-Ciocalteu reagent ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน วางทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเติมโซเดียมคาร์บอเนต 7.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1.6 มิลลิลิตร วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 30 นาที นำสารที่ได้ มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องสเปกโตร- โฟโตมิเตอร์ สร้างกราฟมาตรฐานการดูดกลืนแสงของสารละลาย gallic acid

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัดโดยนำตัวอย่างสารสกัดปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร ทำการทดลองเช่นเดียวกับการสารละลาย gallic acid ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิค รวมทั้งหมดและรายงานผลเป็น mg GAE/mg extract

**การประยุกต์ใช้เนื้อลูกตาลสุกผงในขนมตาล**

1) สูตรการทำขนมตาล

สูตรขนมตาลดัดแปลงจากสูตรของคุณวัลลภ เปรมานุพันธุ์.จากการให้สัมภาษณ์ ในวันที่ 15 พฤศจิกายน 2547 มีส่วนผสมคือ หัวกะทิ แป้งข้าวเจ้า น้ำตาลทราย เนื้อตาลสุก ผงฟู และเกลือใน

ปริมาณร้อยละ 45.38 22.69 22.69 9.08 0.11 และ 0.06 ตามลำดับ วิธีการทำคือ ผสมแป้งข้าวเจ้า ผงฟู เกลือด้วยกัน นวดกับหัวกะทิบางส่วนนานประมาณ 5 นาที จากนั้นใส่เนื้อตาลสุก นวดต่อประมาณ 2 นาที ค่อยๆ ใส่น้ำตาลทรายทีละน้อย นวดจนน้ำตาลทรายละลายหมด เติมหัวกะทิที่เหลือลงในส่วนผสมแป้งที่นวด คนให้เข้ากัน กรองด้วยผ้าขาวบาง ปิดปากภาชนะด้วยผ้าขาวบางตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง จนส่วนผสมขึ้นฟูแล้วหยอดส่วนผสมขนมตาลในถ้วยตะไล นึ่งขนมตาล ในน้ำเดือดด้วยไฟแรง ประมาณ 20 นาที

2) การทำขนมตาล โดยใช้เนื้อตาลสุกสดเนื้อตาลที่ผ่านการทำแห้งด้วยเทคนิคโฟมแมทในแต่ละสภาวะ นำขนมตาลที่ได้มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 1-9 คะแนน ให้คะแนนความชอบจาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) ประเมินปัจจัยคุณภาพด้าน สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม

**การออกแบบและการวิเคราะห์ทางสถิติ**

การวางแผนการทดลองสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อลูกตาลสุกผง โดยวิธีทำแห้งแบบโฟม-แมทโดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 30 คน แบบ Hedonic scale 9 point วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และเปรียบเทียบ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

**ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล**

การศึกษาความหนาแน่น และค่าความคงตัวของเนื้อตาลสุกก่อนนำไปอบ ค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.46- 0.61 กรัมต่อมิลลิลิตร และค่าความคงตัวอยู่ในช่วง 17.45- 21.50 มิลลิลิตรต่อนาที และพบว่าค่าความหนาของอัตราของสารก่อโฟม 2 ชนิด เอสพี : โปรตีนถั่วเหลือง ในอัตราส่วน 2:10 ปริมาณสารก่อโฟมร้อยละ 10 มีความหนาแน่นต่ำที่สุด (ตาราง 1) การเติมสารที่ก่อให้เกิดโฟมในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้มีปริมาณโฟมมากขึ้น และช่วยให้โฟมมีความคงตัวลดลงทำให้ ความหนาแน่นของโฟมมีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับผลการทดลองของกัลยาณี (2540) อัศจรรย์ และปิยาภรณ์ (2548) แสดงว่ามีอากาศอยู่ด้านในโฟมมาก และส่งผลให้ความหนาแน่นของโฟมลดลง โฟมที่มีความหนาแน่นต่ำเป็นโฟมที่มีฟองอากาศละเอียดสม่ำเสมอ มีพื้นที่ผิวการระเหยน้ำมาก ทำให้น้ำภายในโฟมซึ่งอยู่ในรูปฟิล์มบางสามารถระเหยออกมาได้ง่าย และต่อเนื่องสารที่ก่อให้เกิดโฟมจะทำหน้าที่พยุงโครงสร้างของโฟมไม่ให้ยุบตัวลงมา เพราะการยุบตัวของโฟมทำให้ไม่มีโพรงอากาศที่จะให้ความร้อนแพร่เข้าไปได้มากนัก น้ำจึงระเหยออกได้ยากขึ้น (กัลยาณี , 2540) ความเข้มข้นของ สารที่ก่อให้เกิดโฟมที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากโฟมมีความคงตัวมากกว่าในระหว่างกระบวนการทำแห้ง ดังนั้นในระหว่างกระบวนการทำแห้งโฟมที่ไม่คงตัวอาจมีโฟมบางส่วนยุบตัวลงมาและเหนียวติดถาดอบ เป็นผลทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณผลผลิต ส่วนโฟมที่คงตัวใน การทำแห้งจะไม่มีส่วนของโฟมยุบตัวลงมาหรืออาจมีบางส่วนของโฟมยุบตัวลงมาเล็กน้อยทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (ดุจหทัย, 2548)

เมื่อนำเนื้อลูกตาลผงไปวิเคราะห์วัดค่าสี *L**, *a** และ *b** ได้ผลดังตารางที่ 2 จากผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนของสารก่อโฟม 2 ชนิด (เอสพี : โปรตีนถั่วเหลือง) และปริมาณสารก่อโฟม ในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าความสว่าง (*L**) ที่เพิ่มขึ้นทั้งก่อนและหลังอบ ในทางตรงกันข้าม ค่าความเป็นสีแดง (*a**) และค่าความเป็นสีเหลือง (*b**) ลดลง

เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานใดที่สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์เนื้อลูกตาลผง จึงใช้มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันมาเปรียบเทียบ ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ เนื้อตาลผงที่ใช้สารก่อโฟม 2 ชนิด (เอสพี : โปรตีนถั่วเหลือง) และใช้ปริมาณสารก่อโฟมในปริมาณที่แตกต่างกัน พบว่ามีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และปริมาณความชื้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีปริมาณน้ำอิสระ อยู่ในช่วง 0.26-0.28 สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แครอทผงสำเร็จรูป (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 1402/2550) ซึ่งระบุว่าจะต้องมีปริมาณ

น้ำอิสระ ไม่เกิน 0.6 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง ร้อยละ 3.22-4.97 ดังแสดงในตาราง 3 คุณภาพของอาหารนอกจากจะขึ้นกับปริมาณความชื้นแล้ว ยังขึ้นกับ ค่า $a_w$ ของอาหารด้วยเพราะค่า $a_w$ เป็นปริมาณน้ำในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้หรือเป็นปริมาณน้ำ ที่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่อาจจะก่อให้เกิดการเสื่อมเสียต่ออาหาร

**การศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมทั้งหมดของ เนื้อตาลผงที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟมแมท**

การเปรียบเทียบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเป็นโดยใช้วิธี DPPH จากการทดลองพบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิต มีฤทธิ์การยับยั้งอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 10-12 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดของเนื้อตาลผงที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟมแมท ดังแสดงในตาราง 4 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมทั้งหมดที่อยู่ในเนื้อตาลผง พบว่า เนื้อตาลผงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.61-2.46 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อสารสกัดตัวอย่าง 1 กรัม สารประกอบฟีนอลิคเป็นสารกลุ่มหนึ่งที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และสามารถพบได้ในพืชหลายชนิด (Habila et al., 2010) ซึ่งสารที่ให้สมบัติต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญได้แก่ สารประกอบฟีนอลิคนั่นเอง

**ตาราง 1** ค่าความหนาแน่น และความคงตัวของเนื้อตาลก่อนอบ

| อัตราส่วนของสารก่อโฟม เอสพี : โปรตีนถั่วเหลือง | ปริมาณสารก่อโฟม (ร้อยละโดยน้ำหนัก) | ค่าความหนาแน่น (g/ml) | ค่าความคงตัว (ml/min) |
|---|---|---|---|
| 1:10 | 2.5 | 0.50±0.04$^{c}$ | 20.95±0.07$^{b}$ |
| | 5 | 0.57±0.06$^{a}$ | 21.50±0.71$^{a}$ |
| | 10 | 0.53±0.05$^{b}$ | 19.45±0.64$^{b}$ |
| 1.5:10 | 2.5 | 0.52±0.05$^{b}$ | 19.95±0.07$^{b}$ |
| | 5 | 0.59±0.01$^{a}$ | 21.00±0.71$^{a}$ |
| | 10 | 0.61±0.03$^{a}$ | 17.60±0.57$^{c}$ |
| 2:10 | 2.5 | 0.57±0.02$^{a}$ | 21.10±1.27$^{a}$ |
| | 5 | 0.46±0.05$^{b}$ | 18.50±0.71$^{c}$ |
| | 10 | 0.61±0.03$^{a}$ | 17.45±0.78$^{c}$ |

$^{a,b,c,....}$ อักษรที่มีตัวเลขกำกับต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

**ตาราง 2** ค่าสีของโฟมเนื้อตาลก่อนและหลังอบที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟมแมท

| อัตราของสารก่อโฟม 2 ชนิด เอสพี : โปรตีนถั่วเหลือง | ปริมาณสารก่อโฟม (น้ำหนัก) | ก่อนอบ | | | หลังอบ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *L** | *a** | *b** | *L** | *a** | *b** |
| 1:10 | 2.5 | 64.50±0.37$^{d}$ | 20.73±0.03$^{b}$ | 69.47±0.20$^{b}$ | 67.70±0.10$^{e}$ | 18.71±0.06$^{a}$ | 57.39±0.04$^{a}$ |
| | 5 | 67.21±0.21$^{b}$ | 20.31±0.07$^{b}$ | 67.15±0.25$^{c}$ | 71.72±0.10$^{c}$ | 13.91±0.12$^{f}$ | 49.90±0.13$^{f}$ |
| | 10 | 69.30±0.24$^{a}$ | 18.92±0.18$^{c}$ | 63.70±0.35$^{e}$ | 72.89±0.51$^{b}$ | 13.53±0.39$^{f}$ | 53.42±0.17$^{d}$ |
| 1.5:10 | 2.5 | 65.95±0.08$^{c}$ | 21.21±0.13$^{a}$ | 70.19±0.37$^{a}$ | 66.11±0.03$^{f}$ | 17.09±0.03$^{b}$ | 54.72±0.10$^{c}$ |
| | 5 | 66.94±0.22$^{b}$ | 20.03±0.16$^{b}$ | 66.54±0.39$^{d}$ | 70.33±0.20$^{d}$ | 14.82±0.19$^{e}$ | 53.04±0.19$^{d}$ |
| | 10 | 70.55±0.12$^{a}$ | 17.11±0.11$^{d}$ | 60.41±0.25$^{f}$ | 72.27±0.10$^{b}$ | 14.28±0.11$^{e}$ | 54.43±0.23$^{c}$ |
| 2:10 | 2.5 | 66.64±0.11$^{b}$ | 20.55±0.11$^{b}$ | 68.83±0.26$^{b}$ | 70.30±0.28$^{d}$ | 16.91±0.21$^{c}$ | 57.84±0.25$^{a}$ |
| | 5 | 68.73±0.43$^{a}$ | 18.35±0.26$^{c}$ | 61.46±0.78$^{f}$ | 70.66±0.05$^{d}$ | 15.17±0.05$^{d}$ | 56.43±0.04$^{b}$ |
| | 10 | 69.95±0.53$^{a}$ | 17.10±0.61$^{d}$ | 60.15±1.69$^{f}$ | 73.33±0.06$^{a}$ | 13.34±0.05$^{f}$ | 51.34±0.07$^{e}$ |

$^{a,b,c,....}$ อักษรที่มีตัวเลขกำกับต่างกันในแนวคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

*L**=ค่าความสว่าง, *a**= ค่าความเป็นสีแดง, *b**=ค่าความเป็นสีเหลือง

**ตาราง 3** ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และปริมาณความชื้นในเนื้อตาลผงที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟมแมท

| อัตราส่วนของสารก่อโฟม 2 ชนิด เอสพี : โปรตีนถั่วเหลือง | ปริมาณสารก่อโฟม (น้ำหนัก) | ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ($a_w$)$^{ns}$ | ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)$^{ns}$ |
|---|---|---|---|
| 1:10 | 2.5 | 0.28±0.01 | 3.73±0.25 |
| | 5 | 0.27±0.02 | 4.97±0.02 |
| | 10 | 0.27±0.01 | 4.88±0.14 |
| 1.5:10 | 2.5 | 0.27±0.01 | 4.81±1.68 |
| | 5 | 0.28±0.01 | 3.22±0.37 |
| | 10 | 0.27±0.02 | 3.78±0.24 |
| 2:10 | 2.5 | 0.27±0.01 | 3.62±0.81 |
| | 5 | 0.26±0.01 | 3.38±0.79 |
| | 10 | 0.26±0.01 | 4.00±0.20 |

$^{ns}$ แสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ (p.0.05)

**ตาราง 4** กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมทั้งหมดของเนื้อตาลผง

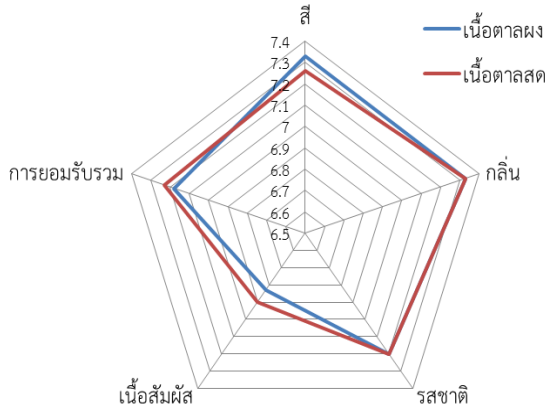
| อัตราส่วนของสารก่อโฟม เอสพี : โปรตีนถั่วเหลือง | ปริมาณสารก่อโฟม (ร้อยละโดยน้ำหนัก) | ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (%, DPPH)$^{ns}$ | สารประกอบฟีนอลิครวมทั้งหมด (mg GAE/g) |
|---|---|---|---|
| 1:10 | 2.5 | 12.47±1.03 | 2.74±0.05$^{b}$ |
| | 5 | 11.65±0.57 | 2.46±0.06$^{b}$ |
| | 10 | 10.61±0.80 | 2.64±0.48$^{b}$ |
| 1.5:10 | 2.5 | 12.46±1.42 | 2.98±0.08$^{b}$ |
| | 5 | 11.51±0.03 | 2.74±0.13$^{b}$ |
| | 10 | 11.06±0.30 | 2.61±0.06$^{b}$ |
| 2:10 | 2.5 | 12.43±0.30 | 3.20±0.13$^{a}$ |
| | 5 | 12.54±1.36 | 3.18±0.08$^{a}$ |
| | 10 | 12.82±1.41 | 3.41±0.04$^{a}$ |

$^{a,b,c,....}$ อักษรที่มีตัวเลขกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

**การประยุกต์ใช้เนื้อลูกตาลผงในขนมตาล**

การตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมตาลที่ทำจากเนื้อตาลสด และเนื้อตาลผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยเทคนิคโฟมแมทโดยเลือกมาหนึ่งสิ่งการทดลองคือเลือกอัตราส่วนของสารก่อโฟม ระหว่าง เอสพี: โปรตีนถั่วเหลืองที่อัตราส่วน 1: 10 ที่ปริมาณสารก่อโฟมร้อยละ 5 และใช้ปริมาณสารในการก่อให้เกิดโฟมในปริมาณน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งการทดลองที่มีค่าความคงตัวที่เท่ากัน เนื่องจากมีความคงตัวที่ดี และมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมทั้งหมดสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งการทดลองอื่น

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมตาล พบว่าในด้านคุณภาพของสีของขนมตาลที่ทำด้วยเนื้อตาลผงผู้บริโภคให้คะแนนที่สูงกว่า คุณภาพด้านกลิ่น และรสชาติ ผู้บริโภคให้คะแนนขนมตาลที่ทำจากตาลสดและตาลผงในระดับคะแนนที่เท่ากัน คะแนนด้านเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมผู้ให้คะแนนขนมตาลที่ทำจากเนื้อตาลสดมากกว่าเนื้อตาลผง ดังแสดงในภาพที่ 1




**ภาพ 1** การตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมตาล โดยการใช้เนื้อตาลสด และเนื้อตาลผง

## สรุปผลการวิจัย

สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตเนื้อตาลสุกในการทดลองครั้งนี้ คือ เอสพี : โปรตีนถั่วเหลืองที่อัตราส่วน 1: 10 ที่ปริมาณสารก่อโฟมร้อยละ 5 ซึ่งมีความคงตัวของโฟมที่ดี เนื้อตาลผงที่ได้มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งการทดลองอื่น

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมตาลผงในด้านคุณภาพของสีของขนมตาลที่ทำด้วย เนื้อตาลผงผู้บริโภคให้คะแนนที่สูงกว่าขนมตาลที่ทำจากเนื้อตาลสด คุณภาพด้านกลิ่น และรสชาติ ผู้บริโภคให้คะแนนขนมตาลที่ทำจากตาลสด และเนื้อตาลผงในระดับคะแนนที่เท่ากัน นั้นแสดงให้เห็นว่าเนื้อตาลผงที่ผ่านการทำแห้งโดยวิธีทำแห้งแบบโฟมแมทสามารถนำมาทดแทนเนื้อตาลสดในการทำขนมตาล

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ต้องขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ในการสนับสนุนทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2558

## เอกสารอ้างอิง

กฤติกา นรจิตร, สุปราณี มูลมาตย์ และ ชลธิชา สารวงษ์. 2559. อิทธิพลของวิธีการทำแห้งต่อคุณลักษณะผงตาลสุกและผลิตภัณฑ์จากผงตาลสุก. ใน: การประชุมวิชาการเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14 วันที่ 1-2 พฤศจิกายน 2559 คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัด พิษณุโลก.

กัลยาณี โสมนัส. 2540. การผลิตกล้วยหอมผงโดยการทำแห้งแบบโฟมและแบบพ่นฝอย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คุ้มเกล้า ตุลาดิลก และ พนิดา รัตนปิติกรณ์. 2551. น้ำกระเทียมดองชนิดผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 39 (3) (พิเศษ) : 515-518.

ดุจหทัย ฟูเจริญ. 2548. การผลิตน้ำนมข้าวโพดผงโดยวิธีการอบแห้งแบบโฟม-แมท. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปิฎฐะ บุนนาค. 2535. ปาล์ม. กรุงเทพมหานคร: บรรณกิจเทรดดิ้ง.

พจน์ สัจจะ. 2540. ชุดสารคดีอาหาร: โลกวัฒนธรรมของอาหาร. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แสงแดด.

มนัสนันท์ บุญทราพงษ์ กมลวรรณ แจ้งชัด อนุวัตร แจ้งชัด และ วิชัย หฤทัยธนาสันติ์. 2541. การศึกษาคุณภาพของเนื้อตาลสุกและขนมตาลที่ผลิตจากเนื้อตาลสุก ผ่านกระบวนการพาสเจอไรเซชั่น. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 วันที่ 5-7 กุมภาพันธ์ 2544. มหาวิทยาลัยเกษตร-ศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2550. มผช.1402/2550 แครอทผงสำเร็จรูป. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

วราภรณ์ ประเสริฐ. 2556. เทคนิคการทำแห้งแบบโฟมแมท. วารสารอาหาร. 43(3) : 23-26.

วัชรี เทพโยธิน, นวลจรี คำมูลสืบ และ มณฑิรา แก้ว-ฟู. 2561.ผลของสารก่อให้เกิดโฟมที่มีต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงมหาชนกอบแห้งแบบโฟม-แมท.วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร. 12(1) : 308-317.

อัศจรรย์ สังข์ศิริพงษ์ และปิยาภรณ์ เชื่อมชัยตระกูล. 2548. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำลูกหม่อนผงโดยวิธีการอบแห้งแบบโฟม-แมท. เชียงราย: สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

Chidambara Murthy, K.N., G.K. Jayaprakasha, and R.P. Singh. 2002. Studies on Antioxidant Activity of Pomegranate

( *Punica granatum* ) Peel Extract Using *in Vivo* Models. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50(17), 4791–4795.

Department of Health. 1987. Nutritive values of Thai foods per 100 gram. Nutrition Division Bangkok : The War Veterans Organization of Thailand.

Habila, J.D., I.A. Bello, A.A. Dzikwi, H. Musa and N. Abubakar. 2010. Total phenolics and antioxidant activity of *Tridax procumbens* Linn. African Journal of Pharmacy and Pharmacology. 4(3), 123-126.

Kubola, J., S. Sirithon and N. Meeso. 2011. Phytochemicals, vitamin C and sugar content of Thai wild Fruits. Food Chemistry. 126(3), 972-981.

Labelle R.L. 1984. Principles of foam mat drying. Journal Food Technology. 20 : 89– 91