



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10
"Global Goals, Local Actions: Looking Back and Moving Forward"

ผลของสารก่อโฟมและมอลโตเด็กซ์ตรินต่อคุณลักษณะของซูปผงหมูเลี้ยงอบแห้งแบบโฟมแมท Effect of Foaming Agent and Maltodextrin on Characterization of Moo-leang Powder Soup by Foam-mat Drying

วริศชนม์ นิลนนท์¹, ประมวล ศรีกาหลง², กุลพร พุทธิมี³
^{1,3}สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
²สาขาวิศวกรรมและแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลของสารก่อโฟมและมอลโตเด็กซ์ตรินที่มีต่อคุณลักษณะของซูปผงหมูเลี้ยงด้วยวิธีการทำแห้งโฟมแมท โดยใช้สารก่อโฟม 2 ชนิด คือไข่ขาวผง (EAP) และกลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (GMS) ในระดับความเข้มข้น 0-25% (w/v) และมอลโตเด็กซ์ตรินที่ความเข้มข้น 0-50% (w/v) ผลการวิจัยพบว่า EAP ให้คุณสมบัติของโฟมมากกว่า GMS ที่ความเข้มข้น 15-20% โดยค่าความหนาแน่นของโฟมเท่ากับ 0.15-0.18 g/ml ค่า Overrun 470.19-480.23% และค่าความคงตัว 5.42-5.50 ml/min ในขณะที่ GMS มีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ขณะที่ค่า Overrun และค่าความคงตัวลดลงเมื่อความเข้มข้นมากขึ้น ซึ่งการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินมีผลทำให้ค่าความชื้นของซูปผงลดลง ค่า L^* และความสามารถในการละลายได้เพิ่มขึ้น การใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่ความเข้มข้น 30% ให้คุณสมบัติทางกายภาพของซูปผงที่เหมาะสม โดยซูปผงมีความชื้นเท่ากับ 6.70% ค่า L^* เท่ากับ 38.70 และความสามารถในการละลายได้ เท่ากับ 1.82 นาที

คำสำคัญ : สารก่อโฟม/ มอลโตเด็กซ์ตริน/หมูเลี้ยง/ ซูปผง/ การอบแห้งแบบโฟมแมท

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effect of foaming agent and stabilizing agent on characteristics of Moo-Liang powder soup by foam-mat drying. Egg albumin powder (EAP) and glycerol monostearate (GMS) were used as foaming agents at concentrations of 0-25% (w/v), the level of at 0-50% (w/v). Results showed that foam from EAP had more foam properties than GMS with low foam density (0.15-0.18 g/ml), high overrun value (470.19-480.23%) and stability (5.42-5.50 ml/min) at 15-20%. While GMS showed that the foam density increased, but decreased overrun and stability when GMS concentration increased. For maltodextrin adding resulted in a reduction of the moisture, and increment of solubility and L^* . Which the addition of maltodextrin at 30% resulted in the optimum physical properties of powder, moisture 6.70%, L^* 38.70 and solubility 1.82 min.

Keywords : Foaming agent/ Maltodextrin / Moo-Liang/ Powder soup/ Foam-mat drying



บทนำ

กล้วยเตี้ยวหมูเลียเป็นอาหารประจำท้องถิ่นที่ขึ้นชื่อของจังหวัดจันทบุรี และมีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่แตกต่างจากกล้วยชนิดอื่นๆ เนื่องจากเครื่องปรุงของน้ำกล้วยเตี้ยวหมูเลียมีเร่วหอมเป็นส่วนผสม อีกทั้งยังประกอบด้วยเครื่องเทศต่างๆ ที่หลากหลาย จึงทำให้น้ำกล้วยเตี้ยวหมูเลียมีกลิ่นและรสชาติที่เฉพาะโดดเด่น อย่างไรก็ตามการเตรียมน้ำซุพหมูเลียมีขั้นตอนค่อนข้างยุ่งยากและมีความเฉพาะพิเศษในเรื่องของการเตรียมวัตถุดิบในการปรุงรส ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุพจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่อำนวยความสะดวกให้ผู้บริโภคได้ โดยประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ซุพที่สำคัญคือ ไม่ต้องเสียเวลาในการปรุงและความยุ่งยากในการเตรียมวัตถุดิบ มีน้ำหนักเบาสะดวกในขนส่งและสามารถเก็บรักษาได้นานที่อุณหภูมิห้อง การเตรียมซุพสามารถทำได้โดยวิธีการทำแห้ง ซึ่งการทำแห้งด้วยวิธีโฟมแมทเป็นกระบวนการทำแห้งที่ทำให้อาหารเหลวหรืออาหารกึ่งเหลวมีลักษณะเป็นโฟมที่คงตัวในระหว่างการทำแห้ง โดยการนำอาหารเหลวมาตีโดยใช้เครื่องตีความเร็วสูงเพื่อเป็นการเติมอากาศเข้าไปในอาหาร อาหารบางชนิดเมื่อนำมาตีสามารถเกิดโฟมขึ้นได้ เนื่องจากอาหารเหล่านี้มีองค์ประกอบของโปรตีนและสารโมโนกลีเซอไรด์ ซึ่งมีสมบัติทำให้เกิดโฟมและรักษาโฟมให้คงทนแข็งแรง แต่อาหารบางชนิดจำเป็นต้องมีการเติมสารก่อเกิดโฟมลงไปด้วยจึงจะได้โฟมที่คงทน (รัตน, 2547; สุธิตาและพนิดา, 2551) อาหารมีลักษณะเป็นโฟมจะช่วยให้ระเหยออกจากอาหารได้อย่างรวดเร็วในระหว่างการทำแห้ง ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จึงมีโครงสร้างที่เป็นรูพรุนและบดเป็นผงแห้งได้ง่ายรวมทั้งสามารถดูดน้ำกลับคืนได้อย่างรวดเร็ว (Thuwapanichayanan et al., 2008) วิธีแบบโฟมแมทสามารถผลิตอาหารแห้งที่มีคุณภาพสูงได้โดยใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่ไม่ซับซ้อนและมีราคาไม่สูงมาก ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมชุมชนได้ (รจนพรรณและธนกร, 2560) ตัวอย่างของชนิดของสารก่อโฟมที่นิยมใช้ เช่น กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลสโมดิไฟด์ โปรตีนถั่วเหลือง และไข่ขาว เป็นต้น (Bates, 1964; Jaya & Das, 2004) อย่างไรก็ตามลักษณะโฟมที่พึงประสงค์ต้องมีความคงตัวดี มีความหนาแน่นต่ำ และมีการขึ้นฟูตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารก่อโฟม มีรายงานวิจัยที่ศึกษาในมะเฟือง (Karim & Wai, 1999) มะละกอ (Kandasamy et al., 2012) กล้วยหอม (สรศักดิ์และคณะ, 2558) และอินทผลัม (ชุดิกายุจน์ และคณะ, 2558) เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของสารก่อโฟมและมอลโตเดกซ์ตริน ที่มีต่อคุณสมบัติของโฟมและลักษณะของซุพหมูเลีย เพื่อสำหรับผลิตซุพหมูเลียเป็นการค้าต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของสารที่ก่อให้เกิดโฟมของน้ำซุพหมูเลีย
2. เพื่อศึกษาปริมาณของมอลโตเดกซ์ตรินที่เหมาะสมในการอบแห้งแบบโฟมแมท

ขอบเขตการวิจัย

น้ำซุพกล้วยเตี้ยวหมูเลีย หมายถึงน้ำซุพซึ่งเตรียมจากกรรมวิธีของชุมชนจังหวัดจันทบุรี โดยมีส่วนผสมพืชสมุนไพรหลักคือ เร่วหอม

สารก่อโฟมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ไข่ขาวผง (EAP) และ กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (GMS)



การทบทวนวรรณกรรม

อาหารบางชนิดจะนำไปทำให้อยู่ในรูปผงแห้ง ด้วยวิธีอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนจะทำให้ยาก เช่นอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูง เช่น ฟรุ๊กโตส กลูโคส ซูโครส ซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะมีคุณสมบัติดูดความชื้นได้ดี ทำให้ผงแห้งที่ได้มีความชื้นสูง และถ้านำไปทำเป็นผงแห้งด้วยวิธีอื่นเช่น สเปรย์ดรายซึ่งทำได้ยากเพราะเหนียวและติดผนังของอุปกรณ์ (Bhandari et al., 1997) ดังนั้นการแก้ปัญหาของการทำแห้งเหล่านี้จะสามารถลดปัญหาได้โดยการเติมสารประกอบบางชนิดลงไป เช่น ไอโซเลตโปรตีน โมลโตเด็กซ์ตริน สารป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของผง เช่น ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ซิลิคอนไดออกไซด์ ซิลิเคทฟอสเฟต เกลือของกรดสเตียริก และ โมดิไฟเคอร์โบไฮเดรท เป็นต้น (Roos et al., 1996) นอกจากนี้การใช้สารประกอบที่เป็น โพลีเมอร์ไฮโดรเจล เช่น กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสโมดิไฟด์ โปรตีนถั่วเหลืองจะช่วยให้การทำแห้งง่ายขึ้นเนื่องจากจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวรับความร้อน (Bates, 1964; Jaya & Das, 2004)

การทำแห้งแบบโฟมเมท เป็นกระบวนการทำแห้งที่ต้องทำให้อาหารเหลวที่ต้องการทำให้แห้งมีลักษณะเป็นโฟมที่คงตัวในระหว่างการทำแห้ง กระบวนการทำให้เกิดโฟมทำได้โดยการนำอาหารเหลวมาตีโดยใช้เครื่องตีความเร็วสูงเพื่อเป็นการเติมอากาศเข้าไปในอาหาร อาหารบางชนิด เช่น นํ้านม ไข่ขาว เมื่อนํ้ามาตีสามารถเกิดโฟมขึ้นได้เนื่องจากอาหารเหล่านี้มีองค์ประกอบของโปรตีนและสารโมโนกลีเซอไรด์ ซึ่งมีสมบัติทำให้เกิดโฟมและรักษาโฟมให้คงทนแข็งแรงต่ออาหารบางชนิด จำเป็นต้องมีการเติมสารก่อให้เกิดโฟมลงไปด้วย จึงจะได้โฟมที่คงทน ก่อนนำไปทำแห้งและบดเป็นผงนรีตราและคณะ (2552) รายงานผลวิจัยการนํ้ามะม่วงสุกมาทำแห้งให้เป็นมะม่วงผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟม พบว่าระดับที่เหมาะสมในการทำให้เกิดมะม่วงผงสุกโดยใช้ตู้อบลมร้อน คือ โมลโตเด็กซ์ตรินที่ระดับ 0.45 กิโลกรัมต่อนํ้าหนักแห้งของเนื้อมะม่วงบด 1 กิโลกรัม กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต 0.10 กิโลกรัมต่อนํ้าหนักแห้งของเนื้อมะม่วงบด 1 กิโลกรัม และไตรแคลเซียมฟอสเฟต 0.02 กิโลกรัมต่อนํ้าหนักแห้งของเนื้อมะม่วงบด 1 กิโลกรัม ปิ่นธิดาและธนกร (2554) รายงานผลการทำแห้งแบบโฟมของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ พบว่าการเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ลงในเนื้อมะม่วงบดในปริมาณร้อยละ 0.5 และตีปั่น 25 นาที จะทำให้เกิดโฟมที่มีความหนาแน่นต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญ และการทำแห้งโฟมเนื้อมะม่วงที่อุณหภูมิ 60, 65, และ 70 องศาเซลเซียส เกิดขึ้นช่วงการทำแห้งลดอุณหภูมิการทำให้แห้งและการแพร่ความชื้น (D_{eff}) จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการทำแห้งเพิ่มขึ้น ค่าพลังงานกระตุ้นของการทำแห้งโฟมเนื้อมะม่วงมีค่าเป็น 22.22 กิโลจูลต่อกิโลโมล

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. เตรียมนํ้าซูปหมูลี้น้ำเข้มข้น ซึ่งนํ้าหนักวัสดุเครื่องปรุงตามสูตร และเตรียมกรรมวิธีที่ได้ศึกษาในชุมชนจังหวัดจันทบุรี ทำให้เข้มข้นด้วยวิธีการระเหยแบบเปิดจนได้นํ้าซูปเข้มข้นมีอัตราส่วนลดลงเหลือ 30% โดยปริมาตร และเก็บรักษาไว้ในที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2. ศึกษาชนิดและปริมาณสารก่อโฟมในกระบวนการผลิตนํ้าซูปก่วยเตี่ยวหมูเลียผง

นํ้าก่วยเตี่ยวหมูเลียผงที่เตรียมได้จากข้อ 1 เติมนํ้าซูปได้แก่ EAP และ GMS ที่ระดับความเข้มข้น 0 5 10 15 20 และ 25% จากนั้นนำส่วนผสมมาตีผสมด้วยเครื่องผสมอาหารที่ระดับความเร็วสูง เป็นระยะเวลา 25 นาที ตามวิธีของปิ่นธิดาและธนกร (2011) จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพของโฟม ได้แก่ ความหนาแน่น (LaBelle, 1966) ความคงตัว (Sauter & Montoure, 1972) และค่า Overrun (Kirk & Sawyer,



1991) ซึ่งค่าความคงตัวของโฟมตามวิธี Drainage method โดยใส่โฟมลงในกรวยกรอง ซึ่งวางอยู่ในกระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง บันทึกปริมาตรของเหลวที่แยกตัวออกมาจากโฟม รายงานผลเป็นหน่วยมิลลิลิตรต่อนาที ส่วนความหนาแน่น วิธีการโดยนำโฟมบรรจุลงในถ้วยพลาสติกปริมาตร 45 มิลลิลิตร โดยไม่ให้มีโพรงอากาศภายในถ้วย นำพายียงเกลี่ยโฟมที่ล้นบริเวณปากถ้วย เช็ดรอบนอกถ้วยไม่ให้มีโฟมเหลืออยู่ จากนั้นชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วยที่บรรจุโฟม คำนวณหาความหนาแน่นของโฟม ค่า Overrun วิธีการโดยการชั่งน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของส่วนผสมก่อนตีโฟม และน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของโฟมและคำนวณหา overrun โดยความหนาแน่นและค่า overrun คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\text{ความหนาแน่น (g/ml)} = \frac{\text{น้ำหนักโฟม}}{\text{ปริมาตรภาชนะ}}$$

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของส่วนผสม} - \text{น้ำหนักของโฟม}}{\text{น้ำหนักของโฟม}} \times 100$$

3. ศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตน้ำซุปรสกล้วยเตี้ยหวานูเลียยผง

จากผลการศึกษาชนิดของสารก่อโฟมที่มีคุณสมบัติของโฟมเหมาะสม คือมีความหนาแน่นต่ำ มีความคงตัว และค่า overrun สูง (จากกระบวนการในข้อ 2) นำมาผสมกับมอลโตเด็กซ์ทรินที่ระดับความเข้มข้น 0 15 20 30 40 และ 50% เทส่วนผสมลงในภาชนะทดสอบ ความหนาแน่นประมาณ 2 มิลลิเมตร นำอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าส่วนผสมแห้ง (ปริมาณความชื้นไม่เกิน 8%) นำออกจากตู้อบทิ้งให้เย็น บดให้เป็นผงด้วยเครื่องตีปั่นจนได้ผงที่มีความละเอียดกรองผ่านตะแกรงขนาด 120 mesh และเก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ปิดสนิท เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้แก่ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) pH (pH meter) ค่าสีระบบ L*a*b* (Color meter) ความสามารถในการละลาย (Water soluble ability, WSA) ตามวิธีของจรินทร์ (2544)

4. วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design (CRD) เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของสารที่ก่อให้เกิดโฟม และวางแผนการทดลองแบบ CRD สำหรับการศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ทริน จำนวน 3 ขั้ว วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ผลการใช้สารก่อให้เกิดโฟมในกระบวนการผลิตน้ำซุปรสกล้วยเตี้ยหวานูเลียยผง

จากตารางที่ 1 พบว่าการใช้สารก่อโฟมชนิด EAP และ GMS ให้คุณสมบัติของโฟมที่แตกต่างกันในคุณสมบัติความหนาแน่นของโฟม พบว่าเมื่อความเข้มข้นของ EAP เพิ่มขึ้นจนถึงระดับ 20% ความหนาแน่นของโฟมมีแนวโน้มลดลง และเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ EAP ในระดับความเข้มข้น 25% ขณะที่การใช้ GMS ในระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าความหนาแน่นของโฟมที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่ระดับความเข้มข้นของ EAP ที่ความเข้มข้น 15% ให้ค่าความหนาแน่นต่ำที่สุด โดยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับความเข้มข้นของ EAP ที่ความเข้มข้น 10 และ 20% และ EAP ที่ความเข้มข้น 10% ส่วนค่า Overrun ในการใช้



EAP ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มของค่า overrun เพิ่มขึ้น และลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นของ EAP เพิ่มขึ้นที่ระดับ 25% ขณะที่การใช้ GMS ค่า overrun ลดลงเมื่อมีความเข้มข้นของ GMS สูงขึ้นในระดับ 15 20 และ 25% โดยการใช้ EAP จะให้ค่า overrun สูงสุดที่ระดับความเข้มข้น 20% โดยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ EAP ที่ความเข้มข้น 15% ส่วนค่าความคงตัวของโฟมใน EAP จะลดลงเมื่อความเข้มข้นมากกว่า 20% ขณะที่สาร GMS จะให้ค่าความคงตัวของโฟมเพิ่มสูงขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเข้มข้น 15-25%

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของโฟมของน้ำซูปก่วยเตี่ยวหมูเลี้ยง

ชนิดสารก่อโฟม	ความเข้มข้น (%)	คุณสมบัติของโฟม		
		ความหนาแน่น (g/ml)	ความคงตัว (ml/min)	Overrun (%)
control	0	0.46±0.01 ^e	8.42±0.05 ^e	124.10±0.11 ^a
	5	0.25±0.02 ^b	7.17±0.02 ^d	336.52±0.05 ^b
	10	0.20±0.11 ^a	6.38±0.11 ^c	395.74±0.04 ^d
	15	0.15±0.01 ^a	5.42±0.01 ^b	470.19±0.11 ^e
	20	0.18±0.01 ^a	5.50±0.14 ^b	480.23±0.09 ^e
	25	0.41±0.12 ^d	7.11±0.09 ^d	365.45±0.04 ^{cd}
EAP	5	0.28±0.04 ^b	6.32±0.05 ^c	356.12±0.12 ^c
	10	0.24±0.10 ^{ab}	5.60±0.11 ^b	389.43±0.05 ^d
	15	0.36±0.05 ^c	5.14±0.02 ^a	345.64±0.06 ^{bc}
	20	0.40±0.06 ^d	5.10±0.16 ^a	326.14±0.01 ^b
	25	0.42±0.11 ^d	5.12±0.11 ^a	310.36±0.02 ^b
GMS				

หมายเหตุ : abcde หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงคัดเลือกชนิดสารก่อให้เกิดโฟม EAP 15% ไปศึกษาปริมาณของมอลโตเด็กซ์ทรินใน ซูปผงต่อไป เนื่องจากให้ค่าความหนาแน่นต่ำ และมีค่า overrun สูงซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ EAP 20% แล้วไม่มีความแตกต่างกัน

2. ผลการใช้สารเพิ่มความคงตัวในการทำแห้งน้ำซูปก่วยเตี่ยวหมูเลี้ยงผง

จากผลการเลือกชนิดสารก่อให้เกิดโฟมที่ดีที่สุดคือ EAP ที่ที่ความเข้มข้น 15% นำน้ำซูปที่ได้มาผสมกับ มอลโตเด็กซ์ทรินที่ระดับความเข้มข้นต่างๆตั้งแต่ 0-50% โดยผลการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำซูปก่วยเตี่ยวหมูเลี้ยงผง

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำซูปก่วยเตี่ยวหมูเลี้ยงผง พบว่าเมื่อปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า pH ของน้ำซูปผงมีค่าสูงขึ้น และมีปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของมอลโตเด็กซ์ทรินที่เพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 2) โดยค่า pH ที่ระดับของมอลโต



เด็กตรินซ์ 0 15 และ 20% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับที่ระดับของมอลโตเด็กตรินซ์ 30 40 และ 50 % ตามลำดับ โดยซูปผงที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กตรินซ์ที่ระดับ 30 40 และ 50% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งปริมาณมอลโตเด็กตรินซ์ที่ระดับ 50% มีค่า pH มากที่สุดเท่ากับ 5.46 ± 0.01 ส่วนปริมาณความชื้นของน้ำซูปก้วยเดี่ยวหมูเลี้ยงผง พบว่า น้ำซูปที่ใช้ปริมาณมอลโต-เด็กตรินซ์ ที่ความเข้มข้น 50% มีปริมาณความชื้นต่ำสุดเท่ากับ 6.26 ± 0.24 % โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับซูปผงที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กตรินซ์ที่ระดับ 30 และ 40% ในขณะที่น้ำซูปที่ไม่ใช้มอลโต-เด็กตรินซ์ มีปริมาณความชื้นสูงสุด 8.21 ± 0.24 % โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับซูปผงที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กตรินซ์ในทุกๆระดับ ผลของการเติมมอลโตเด็กตรินซ์ทำให้การดูดความชื้นจากบรรยากาศของผลิตภัณฑ์อบแห้งได้น้อยลง

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำซูปก้วยเดี่ยวหมูเลี้ยงผงที่ใช้มอลโตเด็กตรินซ์ในระดับที่แตกต่างกัน

มอลโตเด็กตรินซ์ (%)	pH	ปริมาณความชื้น (%)
	5.05 ± 0.01^a	8.21 ± 0.24^d
15	5.07 ± 0.01^a	7.72 ± 0.18^c
20	5.16 ± 0.01^a	6.88 ± 0.76^b
30	5.38 ± 0.03^b	6.70 ± 0.16^{ab}
40	5.41 ± 0.01^b	6.60 ± 0.20^{ab}
50	5.46 ± 0.01^b	6.26 ± 0.24^a

หมายเหตุ: ^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2. ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำซูปก้วยเดี่ยวหมูเลี้ยงผง

2.1 ค่าสีของน้ำซูปก้วยเดี่ยวหมูเลี้ยงผง

ผลการวัดค่าสีของน้ำซูปก้วยเดี่ยวหมูเลี้ยงผง พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ของซูปผงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณมอลโตเด็กตรินซ์ที่เพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ (ตารางที่ 3) โดยซูปผงที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กตรินซ์ 50% มีค่า L^* สูงสุดคือ 46.07 ± 0.12 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับปริมาณมอลโตเด็กตรินซ์ทุกระดับ และน้ำซูปที่ไม่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กตรินซ์ ให้ค่า L^* ต่ำสุดเท่ากับ 25.10 ± 0.21 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับปริมาณมอลโตเด็กตรินซ์ที่ 20 30 40 และ 50% แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับซูปผงที่ใช้ปริมาณมอลโตเด็กตรินซ์ที่ 15% ส่วนค่า a^* และ b^* พบว่าซูปผงที่ใช้มอลโต-เด็กตรินซ์ที่ระดับ 0 15 และ 20% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับซูปผงที่ใช้มอลโตเด็กตรินซ์ที่ 30 40 และ 50%



2.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการละลายของน้ำซูปก้วยเตี่ยวหมูเลี้ยงผง

ผลจากตารางที่ 4 พบว่าการใช้ปริมาณมอลโตเด็กตรินซ์เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสามารถในการละลายได้ของซูปผงเพิ่มมากขึ้น โดยซูปผงที่ใช้มอลโตเด็กตรินซ์ 50% มีความสามารถในการละลายได้สูงสุดเท่ากับ 1.13 ± 0.19 นาที โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับซูปผงที่ใช้มอลโตเด็กตรินซ์ที่ 30 และ 40% แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับซูปผงที่ใช้มอลโตเด็กตรินซ์ที่ 0 15 และ 20 % ขณะที่ซูปผงที่ไม่ใช้มอลโตเด็กตรินซ์มีความสามารถในการละลายได้ต่ำสุด เท่ากับ 3.59 ± 0.76 นาที โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับซูปผงที่ใช้มอลโตเด็กตรินซ์ 15 และ 20%

ตารางที่ 3 ค่าสีของน้ำซูปก้วยเตี่ยวหมูเลี้ยงผงที่ใช้มอลโตเด็กตรินซ์ในระดับที่แตกต่างกัน

มอลโตเด็ก ตรินซ์ (%)	ค่าสี		
	L*	a*	b*
0	25.10 ± 0.21^a	3.45 ± 0.10^a	-1.76 ± 0.14^a
15	26.26 ± 0.14^a	3.52 ± 0.18^a	-1.68 ± 0.12^a
20	31.76 ± 0.10^b	3.65 ± 0.14^a	0.55 ± 0.18^a
30	38.70 ± 0.24^c	6.08 ± 0.12^b	8.40 ± 0.15^b
40	40.87 ± 0.20^c	7.20 ± 0.14^c	12.27 ± 0.20^c
50	46.07 ± 0.12^d	7.28 ± 0.08^c	14.45 ± 0.21^c

หมายเหตุ: ^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

L* คือ ค่าความสว่าง (+ คือ ค่าความสว่าง - คือ ความมืด) a* คือ ค่าสีแดง-เขียว (+ คือ ความเป็นสีแดง - คือ ความเป็นสีเขียว)

b* คือ ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (+ คือ ความเป็นสีเหลือง - คือ ความเป็นสีน้ำเงิน)

ตารางที่ 4 ความสามารถในการละลายได้ของน้ำซูปก้วยเตี่ยวหมูเลี้ยงผงที่ใช้มอลโตเด็กตรินซ์ในระดับที่แตกต่างกัน

มอลโตเด็กตรินซ์ (%)	ความสามารถในการละลาย (min)
0	3.59 ± 0.16^b
15	3.28 ± 0.10^b
20	3.15 ± 0.61^b
30	1.82 ± 0.63^a
40	1.60 ± 0.47^a
50	1.13 ± 0.19^a

หมายเหตุ: ^{ab} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



อภิปรายผลการวิจัย

การทำให้เกิดโฟมเป็นขั้นตอนแรกของการทำแท้งแบบโฟมเมท การใช้สารก่อให้เกิดโฟม 2 ชนิดคือ EAP และ GMS ในน้ำซุพหมูเลี้ยงให้คุณสมบัติของโฟมที่แตกต่างกัน โดย EAP ให้คุณสมบัติของโฟมที่ดีกว่า GMS ในด้านความหนาแน่น และค่า overrun ขณะที่ GMS จะให้ค่าความคงตัวของโฟมที่ดีกว่า EAP ทั้งนี้เนื่องจาก GMS เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุจึงช่วยให้ของเหลวมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นรอบ ๆ ฟองอากาศโดยไม่บีบตัวให้ฟองอากาศแตกตัวเร็วเกินไป (นิธิยา, 2553 ; ชุตติกาญจน์และคณะ, 2558) สำหรับกรณีที่ใช้ EAP มากเกินกว่า 20% และ GMS มากกว่า 10% มีส่วนทำให้ค่าความหนาแน่นของโฟมเพิ่มสูงขึ้นและค่า overrun ลดลง ทั้งนี้เป็นผลของการใช้สารก่อโฟมในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทั้ง EAP และ GMP มีส่วนทำให้ส่วนผสมมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งความเข้มข้นของสารก่อเกิดโฟมที่เหมาะสมจะมีผลต่อความหนาแน่นและค่า overrun ของโฟม โครงสร้างของโฟมที่มีความแข็งแรงจะสามารถห่อหุ้มและกักเก็บอากาศไว้ได้ดี มีฟองอากาศที่ละเอียด ช่วยให้โครงสร้างของโฟมไม่เกิดการยุบตัวและไม่เกิดการแตกของฟองอากาศ ถ้าของเหลวมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้นอาจไปขัดขวางการกักเก็บอากาศในขณะมีการตีโฟม และมีผลทำให้ค่า Overrun ลดลงได้ (Karim & Wai, 1999) จากรายงานวิจัยของสุธิดาและพินิดา (2551) พบว่าการนำน้ำพริกสดมาผสมกับสารก่อโฟม Methocel™ และ egg albumin มีค่าความหนืดของส่วนผสมของน้ำพริกสดและสารก่อโฟมจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ Methocel™ เพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มความหนืดสามารถเพิ่มได้จนถึงค่าที่เหมาะสมค่าหนึ่งเท่านั้น การทำให้ความหนืดของส่วนผสมเพิ่มขึ้นสูงมากเกินไปจนกว่าขอบเขตที่ปริมาตรสูงสุดที่อากาศสามารถเข้าไปรวมตัวได้ จึงทำให้ค่า Overrun ของโฟมลดลง รายงานวิจัยของธวัชชัย (2554) พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของ Methocel™ และ GMS ทำให้โฟมจกข้าวกล้องงอกมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและค่า Overrun ลดลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของสรศักดิ์และคณะ (2558) พบว่าโฟมกล้วยหอมทองที่ใช้คาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก 0.3% เป็น 0.4 และ 0.5% ตามลำดับ ทำให้ค่าความหนาแน่นของโฟมกล้วยหอมทองเพิ่มขึ้น แต่ค่าอัตราการขึ้นฟูกลับลดลง ทั้งนี้เนื่องจากส่วนผสมมีความหนืดมากขึ้นจึงเกิดการขัดขวางการสร้างฟิล์มของโฟมในการกักเก็บอากาศในขณะตีขึ้น ทำให้ไม่สามารถขยายปริมาตรของโฟมกล้วยหอมทองได้ (Prin, 1998) ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำแท้งแบบโฟมเมทมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นจากบรรยากาศได้ดี มีการเปลี่ยนแปลงสีย่างรวดเร็วจับกันเป็นก้อนได้ง่ายจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่ได้ไม่คงตัวและใช้ประโยชน์ได้ในเวลาจำกัด ดังนั้นหากสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่ได้จากการทำแท้งแบบโฟมเมทดูดความชื้นจากบรรยากาศได้น้อยลงและไม่เกาะกันเป็นก้อนแข็งรวมทั้งมีความคงตัวในระหว่างเก็บรักษาก็จะช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ผงแห้งได้อย่างคุ้มค่า (รจนพรรณและธนกร, 2560)

มอลโตเด็กซ์ทรินเป็นสารช่วยทำแห้ง ไม่มีสีและกลิ่น ช่วยจับกลิ่นรส และไขมันในผลิตภัณฑ์ได้ เมื่อนำใช้ในผลิตภัณฑ์ผงที่ได้จากการทำแท้งแบบพ่นฝอยจะช่วยให้มีการละลายสูงขึ้นและดูดความชื้นกลับคืนได้น้อยลง (Caliskan & Dirim, 2016) การเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินมากขึ้นในซุพหมูเลี้ยงมีผลทำให้ค่า pH ของน้ำซุพหมูมีค่าสูงขึ้น และมีปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลง มอลโตเด็กซ์ทรินมีส่วนทำให้การดูดความชื้นจากบรรยากาศของผลิตภัณฑ์อบแห้งได้น้อยลง รจนพรรณและธนกร (2560) รายงานผลของมอลโตเด็กซ์ทรินต่อลักษณะทางกายภาพบางประการของเยื่อหุ้มเมล็ดพืชข้าวผงแห้งจากการทำแท้งแบบโฟมเมท ซึ่งพบว่าการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินเป็น 5 10 และ 15% มีผลทำให้ผงเยื่อหุ้มเมล็ดพืชข้าวดูดความชื้นจากบรรยากาศได้น้อยลงเป็น 13.47 13.24 และ 12.30% ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะมอลโตเด็กซ์ทรินมีผลทำให้



สมดุลของไฮโดรฟิลิกและไฮโดรโฟบิกในระบบเปลี่ยนไปกล่าวคือมอลโตเด็กซ์ตรินไปเพิ่มความไม่ชอบน้ำในระบบให้สูงขึ้นจึงทำให้ความสามารถในการดูดความชื้นจากบรรยากาศลดลง (Farahnaky et al., 2016)

การใช้มอลโตเด็กซ์ตรินมีส่วนช่วยให้ความสามารถในการละลายของซูปงมีมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมอลโต-เด็กซ์ตรินมีคุณสมบัติช่วยในการทำแห้ง โดยทำให้อนุภาคผงซูปมีความเป็นรูพรุนมากขึ้น เมื่อนำไปละลายน้ำจึงทำให้ความสามารถในการละลายได้ดีขึ้นเพราะมีพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับน้ำเพิ่มขึ้น (รจนพรรณ และธนกร, 2560) นอกจากนี้ยังไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์เนื่องจากเป็นสารที่ไม่มีสีและกลิ่น และช่วยจับกลิ่นรสและไขมันในผลิตภัณฑ์ได้ด้วย (Caliskan & Dirim, 2016) ผลงานวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phoungchandang & Sertwasana (2010) ซึ่งรายงานผลการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินในซิงผงทำให้ซิงผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอยมีการละลายดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่เติมมอลโตเด็กซ์ตริน เช่นเดียวกับรายงานวิจัยของ Erbay & Kocat (2015) พบว่าเนยแข็งผงที่เติมมอลโตเด็กซ์ตรินช่วยให้เนยแข็งผงมีความสามารถในการละลายสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเนยแข็งผงที่ไม่ได้เติมมอลโตเด็กซ์ตริน อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณของมอลโตเด็กซ์ตริน อาจเป็นผลทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งจะมีผลต่อค่า overrun ของโฟม ค่าความหนาแน่น และความคงตัว จากรายงานวิจัยของ สุริดาและวนิดา (2551) พบว่า การใช้มอลโตเด็กซ์ตริน ที่ระดับความเข้มข้น 10% ทำให้ค่าความหนาแน่นและความคงตัวมีค่าต่ำสุดและให้ค่า overrun สูงสุด แต่เมื่อทำการเพิ่มปริมาณของมอลโตเด็กซ์ตรินขึ้นจาก 10% เป็นระดับความเข้มข้น 15% จะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ค่า overrun ของโฟมกลับลดลง ค่าความหนาแน่นและความคงตัวกลับเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมอลโตเด็กซ์ตรินที่ความเข้มข้นสูง การตีผสมมีส่วนทำให้โครงสร้างแตกได้ง่ายและเกิดการแยกส่วนมากขึ้น (Reuther et al., 1984) ดังนั้นการเพิ่มความหนืดจึงเพิ่มได้ในระดับที่เหมาะสมเท่านั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์หรือวัตถุดิบที่มีความแตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

ศึกษาการใช้สารก่อโฟมอื่นเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มค่าความคงตัวเพิ่มขึ้นและค่าoverrun มากขึ้น รวมถึงศึกษาอายุการเก็บรักษา เพื่อให้มีการยอมรับในเชิงการค้าต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนวิจัย จากสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

- จรินทร์ สว่างแจ้ง. (2544). การพัฒนาซูปกึ่งสำเร็จรูปรสทุเรียนจากหัวกุ้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชุดิภาญจน์ อินแก้ว, ธนศ แก้วกำเนิด, ชนันทภัทร์ ราชบุรีนิม และกรรณ อรรคนิตย์. (2558). ผลของอัตราส่วนของเนื้ออินทผลัมต่อน้ำและสารก่อให้เกิดโฟมต่อคุณภาพการเกิดโฟมสำหรับการทำแห้งแบบโฟม-แมท. ใน การประชุมวิชาการ ประจำปี 2558 8-9 ธันวาคม 2558 (หน้า 231-241). เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10
"Global Goals, Local Actions: Looking Back and Moving Forward"

- ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา. (2554). ผลของสารก่อโฟมที่มีต่อสมบัติของโจักข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผลิตด้วยวิธี โฟม-แมท. **ลักทอง**, 17(1). หน้า 1-12.
- นริศรา เหมวชิรวรากร, วรินทร์ นวรัตน์ ณ อยู่ธยา และประมวล ศรีกาหลง. (2552). การเพิ่มมูลค่ามะม่วงสุก ด้วยการพัฒนากระบวนการแปรรูปใหม่เป็นมะม่วงแผ่นขึ้นรูปชนิดความเหนียวต่ำ. **เอกสารเสนอที่ประชุมวิชาการโครงการ IRPUS ประจำปี 2552 สกว I352A10030**, กรุงเทพฯ.
- นิธิยา รัตนพานนท์. (2553). **เคมีอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ปิ่นธิดา ณ ไธสง และธนกร โรจนกร. (2554). งานวิจัยเรื่องการทำแห้งแบบโฟมของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์. **ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น**.
- รจนพรรณ บพิตรสุวรรณ และธนกร โรจนกร. (2560). ผลของมอลโทเดกซ์ทรีนต่อลักษณะทางกายภาพบางประการของเยื่อหุ้มเมล็ดผักข้าวผงแห้งจากการทำแห้งแบบโฟม-แมท. ใน **การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ 10 มีนาคม 2560** (หน้า467-474). **ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น**.
- รัตนา อุตตปัญญา. (2547). **การทำแห้งแบบโฟมแมท**. เชียงใหม่ : เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร.
- สรศักดิ์ งามสง่า, ณัฏฐา เล่ากุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น. (2558). ผลของสารก่อโฟมต่อคุณลักษณะของกล้วยหอมอบแห้งแบบโฟม-แมท. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 46(3) (พิเศษ). หน้า 429-432.
- สุธิดา กิจเกษตรสถาพร และพนิดา รัตนปิติกรณ์ . (2551). การผลิตสารสกัดชนิดผงจากพริกแดงสด โดยการ ทำแห้งแบบ โฟม-แมท. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 39(3) (พิเศษ). หน้า 477-480.
- AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis**. 17th ed. Maryland : The Association of Official Analytical Chemists.
- Bates, R. P. (1964). Factors affecting foam production and stabilization of tropical fruit products. **Food Technology**, 18. pp. 93-96.
- Bhandari, B.R., Datta, N. & Howes, T. (1997). Problem associated with spray drying of sugar-rich foods. **Drying Technology**, 15. pp. 671-684.
- Caliskan, G., & Dirim, S.N. (2016). The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. **J. Powder Technology**, 287. Pp. 308–314.
- Erbay, Z, & Kocat, N. (2015). Effects of whey or maltodextrin addition during production on physical quality of white cheese powder during storage. **J. Dairy Science**, 98. pp. 8391–8404.
- Farahnaky, A., Mansoori, N., Majzoobi, M., & Badii, F. (2016). Physicochemical and sorption isotherm properties of date syrup powder: Antiplasticizing effect of maltodextrin. **J. Food and Bioproducts Processing**, 98. pp. 133-141.
- Jaya, S., & Das, H. (2004). Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. **J. of Food Engineering**, 63. pp. 125–134.



การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10
"Global Goals, Local Actions: Looking Back and Moving Forward"

- Kandasamy, P., Varadharaju, N. & Kalemullah, S. (2012). Foam-mat Drying of Papaya (*Carica Papaya* L.) using Glycerol monostearate as Foaming Agent. *Food Science and Quality Management*. 9, pp. 17-27.
- Karim, A.A., & Wai, C.C. (1999). *Foam-mat drying of starfruit (Averrhoa carambola L.) puree*. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, 64(3). pp. 337-343.
- Kirk, S., & Sawyer, R. (1991). **Pearson's composition and analysis of food**. 9th ed. New York : John Wiley & Sons.
- Labelle, R. L. (1996). Characterization of foams for foam-mat drying. **Food Technology**, 20(8). pp. 1065-1070.
- Phoungchandang, S., & Sertwasana, A. (2010). Spray-drying of ginger juice and physicochemical properties of ginger powders. **ScienceAsia**, 36. pp. 40-45.
- Prin, A. (1988). **Principles of foam stability**. pp. 91-122. In Dickinson E. and Stainsby G. (ed.). *Advances in Food Emulsions and Foam*. London: Elsevier Applied Science.
- Reuther, F., Damaschun, G., Gernat, Ch., Scierbaum, F.K., Radosta, S., & Nothnagel, A. (1984). Molecular gelation mechanism of maltodextrin investigated by wide-angle X-ray scattering. **Colloid and Polymer Science**, 262. pp. 643.
- Roos, Y. H., Karel, M. & Kokini, J. L. (1996). Glass transition in low moisture and frozen foods. **Food Technology**, 11. pp. 95-107.
- Sauter, E.A., & Montoure, J.E. (1972). The relationship of lysozyme content of egg white to volume and stability of foams. **J. of Food science**, 37(6). pp. 918-920.
- Thuwapanichayanan, R., Prachyawarakorn, S., & Soponronnarit, S. (2008). Drying Characteristics and quality of banana foam mat. **J. of Food Engineering**, 86. pp. 573-583.