วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

ผลของสารก่อให้เกิดโฟมที่มีต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงมหาชนกอบแห้งแบบโฟม-แมท

Effects of Foaming Agents on the Quality of Mahajanaka Mango by Foam-Mat Drying

วัชรี เทพโยธิน[1*] นวลจรี คำมูลสีบ[2] และ มณฑิรา แก้วฟู[2]

[1]อาจารย์ [2]นักศึกษา สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

บทคัดย่อ

มะม่วงมหาชนก (*Mangifera indica L.)* เป็นผลไม้ที่มีสีเหลือง กลิ่นหอม และรสชาติหวาน ที่เป็นเอกลักษณ์ จึงมีศักยภาพสูงในการนำมาพัฒนาเป็นเครื่องดื่มผง เพื่อให้มีสี รส และกลิ่น คล้ายกับน้ำผลไม้สดมากที่สุด วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาผลของสารก่อให้เกิดโฟมที่มีต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงมหาชนกอบแห้งแบบโฟม-แมท โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด โดยใช้สารก่อให้เกิดโฟมทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง คือ Methocel® 65 HG, Glyceryl monostearate (GMS) และ Carboxy methyl cellulose (CMC), Methocel® 65 HG ผสมกับ GMS, Methocel® 65 HG ผสมกับ CMC และ GMS ผสมกับ CMC ในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก คุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำมะม่วงมหาชนก มีค่าสี *L*, a*, b** ,ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมดเทียบกับกรดซิตริก และปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับ 39.02, 18.79, 67.36, 0.40, 14.00 องศาบริกซ์ และร้อยละ 15.14 ตามลำดับ เมื่อนำน้ำมะม่วงมหาชนกที่มีปริมาณกรดทั้งหมด (กรดซิตริก) ร้อยละ 0.70 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 25 องศาบริกซ์ และเติมมอลโตเดกซ์ทรินร้อยละ 2 พบว่าการใช้สารผสมระหว่าง Methocel ผสมกับ CMC ความเข้มข้นร้อยละ 1.8 ร้อยละ 45 โดยปริมาตร ทำให้เกิดโฟมที่คงตัวและมีความละเอียด มีค่าความคงตัว ค่าความหนาแน่น และ overrun เท่ากับ 0.001 มิลลิลิตรต่อนาที 0.14 กรัมต่อมิลลิลิตร และร้อยละ 602.11 ตามลำดับ และโครงสร้างโมเลกุลของโฟมมะม่วงมหาชนกจากการส่องกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) มีลักษณะเป็นรูพรุน อนุภาคมีลักษณะผสมของทรงกลมและทรงรี

Abstract

Mahajanaka mango (*Mangifera indica L.*), the yellow fruit had identity on color, aroma and sweet taste. It had the highly potential to develop into a powdered beverage with a aroma and flavor similar to fresh fruit juices as possible. The objective of this study was to determine an appropriate foaming substance from 6 types ; Methocel® 65 HG, Glyceryl monostearate (GMS), Carboxy methyl cellulose (CMC), Methocel® 65 HG mixed with GMS, Methocel® 65 HG mixed with CMC and GMS mixed with CMC with 1:1 w/w with completely Randomized experimental design. Physicochemical properties of mahajanaka mango juice, the color values *L*, a*, b**, pH, total soluble solid, citric acid and total solid equals 39.02, 18.79, 67.36, 3.96, 14.00°Brix, 0.40 milligram per 100 grams and 15.14%. The mahajanaka mango juice was adjusted 0.70% total acidity (as citric acid), 25°Brix of total soluble solid and added 2.0% of maltodextrin. The result showed that an appropriate foaming agent was added 45% of 1.8% mixture of Methocel® 65 HG with CMC into mahachanaka mango juice. It had foam stability and density. The mahajanaka mango juice foam had values of stability, density and overrun equals 0.001 milligram per min, 0.14 gram per milligram

and 602.11% respectively and Scanning Electron Microscope (SEM) had a porous structure with sphere and ellipsoid particle.

คำสำคัญ : มะม่วงมหาชนก มอลโตเด็กซ์ทริน การอบแห้งแบบโฟม-แมท สารก่อให้เกิดโฟม

Keywords : Mahajanaka mango, Moltodextrin, Foam-mat Drying, Foaming agent

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ thanan001@hotmail.com โทร. 0 5434 2548 ต่อ 189 , 08 1472 3916

1. บทนำ

มะม่วงมหาชนก (***Mangifera indica L.***) เป็นผลไม้ที่เป็นแหล่งของวิตามินโดยเฉพาะวิตามินเอในรูปของเบต้าแคโรทีน ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และเนื้อมะม่วงมีสมบัติเด่น ในด้านสี กลิ่น และรสชาติ ที่เป็นเอกลักษณ์ คือมีสีเหลืองเข้ม กลิ่นหอม รสชาติหวาน เนื้อหนา สร้างรายได้ให้กับประเทศมากมายและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงเป็นที่นิยมบริโภคของทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศสามารถบริโภคได้ทั้งในรูปผลสดและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้หลายชนิด ผลผลิตมะม่วงในประเทศไทยปี 2552 มีผลผลิตออกสู่ตลาดประมาณ 2,469,814 ตัน (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) การส่งออกรวมมะม่วงของไทยแบ่งเป็น มะม่วงสด 24,000 ตัน มะม่วงกระป๋อง 18,000 ตัน มะม่วงอบแห้ง 600 ตัน และมะม่วงแช่แข็ง 1,700 ตัน ส่วนใหญ่มะม่วงสดส่งไปยังประเทศญี่ปุ่นซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี 2552 มีการส่งออกมะม่วงมหาชนก 1,500 ตัน หรือคิดเป็นส่วนแบ่งการตลาด 12.5% จากมะม่วงของไทยทั้งหมด 1.2 หมื่นตัน รองจากประเทศเม็กซิโกและฟิลิปปินส์ (มนตรี, 2552)

การทำแห้งเป็นวิธีในการถนอมอาหารที่ทำให้สามารถเก็บอาหารได้นาน โดยปราศจากการเน่าเสีย เนื่องจากอาหารสัมผัสกับอากาศร้อน ทำให้น้ำถูกขจัดออกจากชิ้นอาหาร และสภาวะการทำแห้งภายใต้ความดันบรรยากาศด้วยอากาศร้อน และเครื่องทำแห้งชนิดสัมผัสความร้อนจะถูกถ่ายโอนเข้าไปในอาหารจากลมร้อน หรือผิวสัมผัสร้อน แล้วน้ำจะถูกดึงออกไปด้วยอากาศไม่อิ่มตัว (นิธิยา, 2544) การทำแห้งเป็นการยืดอายุการเก็บรักษารักษาให้นานยิ่งขึ้น ถ้าการควบคุมกระบวนการอบแห้งไม่เหมาะสมแล้วจะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Wamljade *et al.,* 2013) จึงมีการพัฒนานำวิธีการทำแห้งแบบโฟม-แมท มาใช้เป็นวิธีทำแห้งโดยใช้หลักการตีให้ผลิตภัณฑ์เกิดโฟม และใช้ความร้อนจากลมร้อน เป็นตัวระเหยความชื้นที่แทรกอยู่บนโฟมออกไป ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งโดยไม่ต้องใช้ปั๊มสุญญากาศและสามารถใช้เครื่องอบแบบธรรมดาได้ ประกอบกับเป็นโฟมจะช่วยระเหยความชื้นออกได้อย่างรวดเร็ว จึงใช้เวลาในการทำแห้งสั้น เป็นเหตุให้สารให้กลิ่นระเหยได้น้อย และสียังคงเหลืออยู่มาก (Ratiya *et al.,* 2008) การทำโฟมเป็นขั้นตอนแรกของการทำแห้งแบบโฟม-แมท เป็นระบบของสารแขวนลอยอย่างสมบูรณ์ของโฟมแก๊สในของเหลว ลักษณะโฟมที่พึงประสงค์ในการอแห้งแบบโฟม-แมท จะต้องมีความคงตัวดีในระหว่างการอบแห้งเพื่อให้โฟมยังคงมีลักษณะเป็นโฟมและแตกหักเป็นผงได้ โฟมที่คงตัวในบรรยากาศบางครั้งก็ไม่เหมาะสมสำหรับการอบแห้ง (Hart *et al.,* 1963) Bissett *et al.,* (1963) และ Graham *et al.,* (1965) ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งน้ำส้มผงแบบโฟม-แมท พบว่า อุณหภูมิ 71.1 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 11.2 และ 26.2 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นเหลืออยู่ร้อยละ 4.55 และ 2.71 ตามลำดับ และหากอบแห้งที่อุณหภูมิ 82.2 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 8.8 และ 13.1 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นร้อยละ 4.03 และ 2.46 ตามลำดับ และรักษากลิ่นของน้ำส้มผงไว้ได้ดี Bates (1964) ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการผลิตโฟมและความคงตัวของโฟมของน้ำผลไม้เมืองร้อน พบว่า ปัจจัยที่มีผลอย่างมากต่อการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม คือ ธรรมชาติทางเคมีของผลไม้ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด อัตราส่วนของเนื้อผลไม้ ชนิดของสารก่อให้เกิดโฟม ชนิดและความเข้มข้นของสารที่ทำให้โฟมคงตัว ส่วนปัจจัยที่มีความสำคัญน้อย คือ ความเข้มข้นของสารที่ก่อให้เกิดโฟม เวลา และอุณหภูมิในการผสม ส่วนสารก่อให้เกิดโฟมที่ใช้ในอาหารที่สำคัญในกระบวนการอบแห้งแบบโฟม-แมท เช่น Methocel, Solubilized soya protein, Methyl cellulose, Glyceryl monostearate, Modified soya albumin และ Egg albumin แต่ที่นิยมใช้มากที่สุด คือ Methocel (Ponting และ

คณะ 1973 อ้างโดย อรทัย, 2547) ดังนั้นผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของมะม่วงมหาชนกจึงศึกษาผลของสารก่อให้เกิดโฟมที่มีต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงมหาชนกอบแห้งแบบโฟม-แมท

2. วิธีการศึกษา

2.1 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ศึกษาชนิดของสารที่ก่อให้เกิดโฟมและปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะม่วงมหาชนกอบแห้งโดยวิธีโฟม-แมท

1. การเตรียมน้ำมะม่วงมหาชนก

ซื้อมะม่วงมหาชนกจากเกษตรกร อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน นำผลแก่จัดบ่มสุกที่อุณหภูมิห้อง ทำการสกัดน้ำมะม่วง โดยคัดเลือกมะม่วงสุกจากการดูสีของเปลือกมะม่วงให้มีสีเหลืองทั้งผลและสุ่มวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้อยู่ที่ช่วง 14-16 องศาบริกซ์ มาล้างให้สะอาด ปอกเปลือก แยกเนื้อ บดละเอียด และกรองด้วยผ้าขาวบาง (พัชรี, 2553) ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำมะม่วงมหาชนกที่สกัดได้ โดยตรวจวัดคุณภาพต่างๆ คือ

1.1 ค่าสี ระบบ *L*a*b** วัดด้วยเครื่องมือ Color-meter (HunterLab รุ่น ColorQuest XE) โดยใช้โปรแกรม Universal ปรับมาตรฐานสีสำหรับการวัดแบบ Reflectance จากนั้นวัดค่าสีของตัวอย่างโดย ค่า L* หมายถึง ค่าความสว่างของสีจาก 0 – 100 (สีดำ – สีขาว) ค่า a* หมายถึง ค่าสีเขียวไปจนถึงสีแดง (ค่า a* เป็นบวก) หมายถึง สีแดง ค่า a* เป็นลบ หมายถึง สีเขียว) ค่า b*หมายถึง ค่าสีน้ำเงินไปจนถึงสีเหลือง (ค่า b* เป็นลบ หมายถึง สีน้ำเงิน ค่า b* เป็นบวก หมายถึง สีเหลือง)

1.2 การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง วัดด้วยเครื่องมือ pH meter (METTLER TOLEDO รุ่น MP 220) ดัดแปลงวิธีของ Tuyen and *et al.,* (2010) ปรับมาตรฐานเครื่องวัดกรด-ด่าง ด้วยบัฟเฟอที่มีกรด-ด่าง 7 และ 4 จากนั้นวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำมะม่วงปริมาตร 10 มิลลิลิตร และบันทึกค่าที่วัดได้

1.3 การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ด้วย Hand refractometer (ATAGO รุ่น N-3E)

1.4 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยชั่งตัวอย่าง อาหารประมาณ 5 กรัม ใส่ในกระป๋องอะลูมิเนียมสำหรับหาปริมาณความชื้นที่ทราบน้ำหนักคงที่ นำไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (Memmert: DIN 12880 - KI., Germany) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะ เวลา 3 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ หาน้ำหนักที่หายไป คำนวณหาร้อยละของปริมาณความชื้น (% wet basis)

1.5 การวิเคราะห์ปริมาณกรด (ในรูปกรดซิตริก) โดยวิธีการ Titration ตามวิธี AOAC (2000)

1.6 การคำนวณปริมาณน้ำมะม่วงที่สกัดได้ (absolute extraction rate) คำนวณเป็นร้อยละจากน้ำมะม่วงที่สกัดได้

2. กระบวนการผลิตน้ำมะม่วงอบแห้งโดยวิธีโฟม-แมท

2.1 นำน้ำมะม่วงสกัดที่ได้จากการเตรียมในข้อ 1 ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 25 องศาบริกซ์ ด้วยน้ำตาลทราย และปรับปริมาณกรดทั้งหมดด้วยกรดซิตริก (Food grade : ประเทศไทย) ให้เป็นร้อยละ 0.7

2.2 การเตรียมสารก่อให้เกิดโฟมทั้งหมด 6 ชนิด โดยให้ความร้อนกับน้ำจนมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ค่อยๆ เทสารก่อให้เกิดโฟมลงไปในน้ำอย่างช้าๆ พร้อมกับคนให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ทิ้งไว้ให้เย็นโดยคนตลอดเวลา จะได้เจลของสารก่อให้เกิดโฟม โดยเตรียมให้มีความเข้มข้นร้อยละ 1.8 โดยน้ำหนัก หากเป็นสารผสมใช้ความเข้มข้นของแต่ละสารร้อยละ 0.9 โดยน้ำหนัก (วัชรี และรัตนา, 2543)

2.3 การตีโฟม นำส่วนผสมมะม่วงเทลงในโถของเครื่องผสม (KidchenAid, St Joseph: Michigan USA) เปิดเครื่องผสมตีด้วยความเร็วช้าที่สุด (ระดับเบอร์ 2) เพื่อเป็นการคนให้ส่วนผสมมีความสม่ำเสมอ จากนั้นจึงค่อยๆ เท

เจลของสารก่อให้เกิดโฟมลงไปในส่วนผสมน้ำมะม่วง พร้อมกับเร่งความเร็วในการตีให้เร็วขึ้นจนถึงความเร็วสูง (ระดับเบอร์ 10) เป็นเวลา 30 นาที

2.4 การอบแห้งแบบโฟม-แมท นำโฟมที่ได้จากการตี บรรจุในถุงสำหรับบีบโดยใช้หัวที่เป็นรูกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 มิลลิเมตร บีบโฟมเป็นเส้นยาวต่อเนื่องกันบนถาดที่มีรู นำเข้าอบในตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer) จากบริษัทกล้วยน้ำไท เตาอบประเทศไทย โดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.6 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนผลิตภัณฑ์มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 3 หรือน้อยกว่า

2.5 การบรรจุ นำโฟมน้ำมะม่วงออกจากตู้อบ ให้ขูดแท่งโฟมออกจากถาดให้เร็วที่สุด และบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ แล้วปิดผนึก

3. การเลือกชนิดของสารก่อให้เกิดโฟมและปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เหมาะสมในการผลิต

3.1 การเลือกสารก่อให้เกิดโฟมที่เหมาะสม มีทั้งหมด 6 ชนิด โดยใช้สารก่อให้เกิดโฟม 3 ชนิด คือ Methocel® 65 HG (Food grade : Sigma, USA), Glyceryl monotearerte (GMS, Food grade : ประเทศไทย) และ carboxy methyl cellulose (CMC, Food grade : ประเทศไทย) และสารผสม 3 ชนิด Methocel® 65 HG ผสมกับ GMS, Methocel® 65 HG ผสมกับ carboxy methyl cellulose (CMC) และ GMS ผสมกับ carboxy methyl cellulose (CMC) อัตราส่วนสารผสม 2 ชนิด คือ 1:1 โดยน้ำหนัก นำสารก่อให้เกิดโฟมแต่ละชนิดละลายในน้ำให้สารละลายมีความเข้มข้นร้อยละ 1.8 โดยน้ำหนัก ค่อยๆ เติมสารละลายของสารก่อให้เกิดโฟมลงใน น้ำมะม่วงที่เตรียมไว้ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ทำการตีโฟม และเพิ่มปริมาตรของสารก่อให้เกิดโฟมขึ้นเรื่อยๆ จนเกิดโฟม หาระดับที่ต่ำที่สุดของสารก่อให้เกิดโฟม คือ ปริมาณของสารที่เติมลงไปในส่วนผสมน้ำมะม่วงในสัดส่วนที่น้อยที่สุดที่สามารถทำให้เกิดโฟมได้ เลือกเฉพาะสารก่อให้เกิดโฟมที่มีความเป็นไปได้นำไปศึกษาต่อไป

3.2 เมื่อได้ชนิดและปริมาณต่ำสุดของสารก่อให้เกิดโฟม ทำการตีให้เกิดโฟม โดยเพิ่มปริมาตรสารก่อให้เกิดโฟม 5 ระดับๆ ละ ร้อยละ 10 เมื่อเกิดโฟมตรวจวัดคุณภาพต่างๆ คือ

3.2.1 ความคงตัวของโฟม ตามวิธี drainage method (อ้างอิงจากอรทัย, 2547) โดยใส่โฟมลงในกรวยกรอง ซึ่งวางอยู่ในกระบอกตวงขนาด 10 มิลลิลิตร บันทึกปริมาตรของเหลวที่แยกตัวออกมาจากโฟมเมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง เพื่อหาอัตราการแยกตัวของของเหลวออกจากโฟม

3.2.2 ความหนาแน่นของโฟม ดัดแปลงจากวิธีของ Akintoye amd Oguntunde (อ้างอิงจากอรทัย, 2547) โดยนำโฟมที่ต้องการวัดความหนาแน่น บรรจุลงในถ้วยพลาสติกปริมาตร 45 กรัม โดยไม่ให้มีโพรงอากาศอยู่ในถ้วย เกลี่ยโฟมที่ล้นบริเวณปากถ้วยด้วยพายยางเช็ดบริเวณรอบนอกถ้วยมิให้มีเศษโฟมเหลือติดอยู่ จากนั้นชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วยที่บรรจุโฟมนั้น นำมาคำนวณหาค่าความหนาแน่นของโฟมดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นของโฟม (กรัมต่อมิลิลิตร)} = \frac{\text{น้ำหนักของโฟม}}{\text{ปริมาตรของถ้วย}}$$

$$= \frac{\text{น้ำหนักของถ้วยเมื่อบรรจุโฟม} - \text{น้ำหนักถ้วย}}{\text{ปริมาตรของถ้วย}}$$

3.2.3 ค่า % overrun ของโฟม (โดยน้ำหนัก) (อ้างอิงจากอรทัย, 2547) คำนวณได้จาก

$$\text{ค่า \% Overrun} = \frac{\text{น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของส่วนผสม} - \text{น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของโฟม}}{\text{น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของโฟม}} \times 100$$

3.3 หาปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เหมาะสม จากปริมาณต่ำสุดของสารก่อให้เกิดโฟมแต่ละชนิดจากข้อ 3.2 นำมาทดลองการตีให้เกิดโฟม โดยมีการเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน DE 11 (Biochemika grade: Fluka, Germany) 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 1 2 และ 3 เมื่อเกิดโฟมตรวจวัดคุณภาพต่างๆ ได้แก่ ความหนาแน่นของโฟม ความคงตัวของโฟม และ Overrun ของโฟม

3.4 หาปริมาณของสารก่อให้เกิดโฟมที่เหมาะสม จากชนิดและปริมาณต่ำสุดของสารก่อให้เกิดโฟมแต่ละชนิดและปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เหมาะสม ที่ทำให้เกิดโฟมและคงตัวได้ดี นำมาตีให้เกิดโฟม โดยมีการเพิ่มปริมาตรสารที่ก่อให้เกิดโฟมอีก 5 ระดับ คือ ร้อยละ 25 35 45 55 และ 65 เมื่อเกิดโฟมตรวจวัดคุณภาพต่างๆ ได้แก่ ความหนาแน่นของโฟม ความคงตัวของโฟม และ Overrun ของโฟม

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และเคมี วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) นำข้อมูลวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

เมื่อได้ชนิดของสารก่อให้เกิดโฟม และปริมาณการใช้ที่เหมาะสม นำไปตีกับน้ำมะม่วงที่เตรียมไว้ ทำการอบแห้งและบรรจุ จนกระทั่งนำผลิตภัณฑ์โฟมน้ำมะม่วงตรวจสอบคุณภาพคือ ส่องดูอนุภาคด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) (JEOL รุ่น 5410LV) โดยนำตัวอย่าง 0.01 กรัม วางบนแท่นเคลือบผิวด้วยทองคำ ประมาณ 150 วินาที ตั้งกระแสไฟ 15 mA ในการถ่ายภาพมีความศักย์ที่ 15 kv และกำลังขยาย 100 เท่า

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำมะม่วงมหาชนก แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งปริมาณค่าสี *L* a* b** ออกโทนสีเหลืองปนส้ม เนื่องจากมะม่วงมหาชนกเมื่อสุกเต็มที่เนื้อจะมีสีเหลือง เหลืองส้มหรือสีเหลืองส้มปนแดง (รวีและเปรมปรี, 2542)

ตารางที่ 1 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำมะม่วงมหาชนก

คุณลักษณะ		น้ำมะม่วงมหาชนก
ค่าสี	*L**	39.02±0.61
	*a**	18.79±0.08
	*b**	67.36±0.58
ค่าความเป็นกรด-ด่าง		3.960±0.00
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)		14.00±0.00
ปริมาณกรดทั้งหมดเทียบกับกรดซิตริก (มิลลิกรัม/100 กรัม)		0.40±0.03
ปริมาณของของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)		15.14±0.04

ผลจากการเติมสารก่อให้เกิดโฟมและสารที่ทำให้โฟมคงตัวทั้งหมด 6 ชนิด พบว่า GMS, CMC, Methocel® 65 HG ผสมกับ GMS และ GMS ผสมกับ CMC ไม่สามารถทำให้ส่วนผสมน้ำมะม่วงมหาชนกเกิดลักษณะโฟมได้และโฟมไม่คงตัวแม้จะใช้ปริมาณสารละลายสูงถึงร้อยละ 100 โดยน้ำหนักของส่วนผสม ส่วนสารละลาย Methocel® 65 HG และ Methocel® 65 HG ผสมกับ CMC สามารถทำให้ส่วนผสมน้ำมะม่วงมหาชนกเกิดโฟมที่คงตัวได้ (ตารางที่ 2) ทั้งนี้พิจารณาจากการตั้งทิ้งไว้ 60 นาที ไม่มีของเหลวแยกตัวออกมา ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของรติยาและคณะ (2551) การเติมสารละลาย Methocel® 65 HG ที่ปริมาณร้อยละ 45 และ Methocel® 65 HG ผสมกับ CMC ที่ปริมาณร้อยละ 50 เกิดโฟมคงตัวได้ จึงคัดเลือกชนิดสารก่อให้เกิดโฟมและทำให้โฟมคงตัวได้ คือ Methocel® 65 HG และ Methocel® 65 HG ผสมกับ CMC ไปศึกษาปริมาณของมอลโตเดกซ์ทรินในส่วนผสมน้ำ

มะม่วงมหาชนกที่เหมาะสมและสารที่ก่อให้เกิดโฟมและความคงตัวที่เหมาะสมกับ น้ำมะม่วงมหาชนก โดยมีปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือร้อยละ 0 1 2 3 และ 4 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 2 การทดสอบชนิดของสารก่อให้เกิดโฟมระดับต่ำสุดที่ก่อให้เกิดโฟมในส่วนผสมน้ำมะม่วงมหาชนก

ชนิดของสารก่อให้เกิดโฟม	ปริมาณของสารละลายต่ำสุด (%โดยน้ำหนัก)	ลักษณะของโฟม
Methocel® 65 HG	45	เกิดโฟมคงตัวได้
GMS	มากกว่า 100	ไม่เกิดลักษณะโฟม
CMC	มากกว่า 100	เกิดโฟมแต่ไม่คงตัว
Methocel® 65 HG + GMS	มากกว่า 100	เกิดโฟมแต่ไม่คงตัว
Methocel® 65 HG + CMC	50	เกิดโฟมคงตัวได้
GMS +CMC	มากกว่า 100	ไม่เกิดลักษณะโฟม

จากการเติมปริมาณของมอลโตเดกซ์ทริน และสารก่อให้เกิดโฟม โดยใช้ในปริมาณที่แตกต่างกันดังตารางที่ 3 แล้วนำไปตีให้เกิดโฟม ตรวจสอบคุณภาพของโฟมได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ปริมาณของมอลโตเดกซ์ทรินในส่วนผสมน้ำมะม่วงมหาชนก

ชนิดของสารก่อให้เกิดโฟม (ร้อยละโดยน้ำหนักของส่วนผสม)	ปริมาตรของสารที่ก่อให้เกิดโฟม (ร้องละโดยปริมาตรของส่วนผสม)	ปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน (ร้อยละโดยน้ำหนักของส่วนผสม)			
สารละลาย Methocel® 65 HG ความเข้มข้นร้อยละ 1	45	0.0	1.0	2.0	3.0
สารละลาย Methocel ผสมกับ CMC ความเข้มข้นร้อยละ 1	50	0.0	1.0	2.0	3.0

ผลจากการศึกษาปริมาณของมอลโตเดกซ์ทรินที่เหมาะสมในส่วนผสมน้ำมะม่วงมหาชนก โดยมีปริมาณของมอลโตเดกซ์ทรินที่แตกต่างกัน คือร้อยละ 0 1 2 และ 3 โดยน้ำหนัก โดยใช้สารที่ก่อให้เกิดโฟมและความคงตัว คือ Methocel® 65 HG และ Methocel® 65 HG ผสมกับ CMC พบว่า มีอัตราการแยกตัวของของเหลว (ความคงตัว) ระหว่าง 0.011–0.030 มิลลิลิตรต่อนาที โดยน้ำมะม่วงมหาชนกที่เติมปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน DE 11 ที่ระดับร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของส่วนผสม การเติมมอลโตเดกซ์ทรินมีผลต่อการเพิ่มความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น (Jaya and Das, 2004). และเติมสารละลาย Methocel® 65 HG ผสมกับ CMC มีอัตราการแยกตัวของของเหลวเท่ากับ 0.016 โดยที่น้ำมะม่วงมหาชนกที่ไม่เติมปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน และ Methocel® 65 HG มีอัตราการแยกตัวของของเหลวต่ำสุดเท่ากับ 0.011 มิลลิลิตรต่อนาที ซึ่งให้โฟมที่มีความคงตัวดีกว่าโฟมที่เติมสารที่ก่อให้เกิดโฟม Methocel® 65 HG และ Methocel® 65 HG ผสมกับ CMC โดยมีปริมาณของมอลโตเดกซ์ทรินในระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความหนาแน่นของโฟม พบว่า เมื่อเติมปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่ระดับร้อยละ 2 ที่เติมสาร Methocel® 65 HG ผสมกับ CMC ในส่วนผสมน้ำมะม่วงมหาชนก พบว่า มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.17 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วน Overrun ของโฟม เมื่อเติมปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่ระดับร้อยละ 2 เติมสาร Methocel® 65 HG ผสมกับ CMC ในส่วนผสมน้ำมะม่วงมหาชนก พบว่า มีค่า Overrun ของโฟมเท่ากับร้อยละ 504.72 ซึ่งมากกว่าโฟมที่เติมปริมาณของมอลโตเดกซ์ทรินในระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การที่โฟมมีค่า Overrun ของโฟมสูง และมีความหนาแน่นต่ำจะส่งผลให้โฟมมีฟองอากาศที่ละเอียดและ

สม่ำเสมอ มีพื้นที่ผิวที่จะเกิดการระเหยของน้ำมาก ทำให้น้ำภายในโฟมซึ่งอยู่ในรูปฟิล์มบางๆ สามารถระเหยออกมาได้ง่ายและต่อเนื่อง นอกจากนี้ Methocel® 65 HG ยังทำหน้าที่พยุงโครงสร้างของโฟมไว้ไม่ให้ยุบตัวลงมา เพราะการยุบตัวของโฟมทำให้ไม่มีฟองอากาศที่จะให้ความร้อนผ่านเข้าไปมากนัก น้ำจึงระเหยออกได้ยากขึ้นทำให้แห้งได้ช้าลง และความเข้มข้นของ Methocel 65 HG ตั้งแต่ร้อยละ 0.1-0.5 โดยน้ำหนัก ทำให้ค่า Overrun และความคงตัวของโฟมน้ำมะเฟืองอบแห้งแบบโฟม-แมทเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ Methocel 65 HG (รติยาและคณะ, 2551) และ Yield ของโฟม เมื่อเติมปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่ระดับร้อยละ 2 ที่เติมสาร Methocel® 65 HG ผสมกับ CMC ในส่วนผสมน้ำมะม่วงมหาชนก พบว่า มีค่า %Yield เท่ากับ ร้อยละ 11.87

ดังนั้นการทดลองนี้จึงเลือกเติมปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่ระดับร้อยละ 2 ที่เติมสาร Methocel® 65 HG ผสมกับ CMC ในส่วนผสมน้ำมะม่วงมะหาชนก เพื่อทดสอบปริมาตรการเติมสารก่อให้เกิดโฟมและความคงตัว แตกต่างกัน 5 ระดับ โดยระดับต่ำที่ต่ำที่สุดร้อยละ 25 และเพิ่มปริมาตรขึ้นระดับละร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก คือ ร้อยละ 25 35 45 55 และ 65 ตามลำดับ แสดงผลดังตารางที่ 4 พบว่ามีอัตราการแยกตัวของของเหลวระหว่าง 0.000-0.010 มิลลิลิตรต่อนาที โดยเมื่อใช้ในปริมาตรร้อยละ 45 55 และ 65 โดยน้ำหนักของส่วนผสม มีอัตราการแยกตัวของของเหลวต่ำที่สุดเท่ากับ 0.001 มิลลิลิตรต่อนาที ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยความสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สำหรับความหนาแน่นของโฟม พบว่า ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าปริมาตรร้อยละ 25 โดยน้ำหนักส่วนผสม มีความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับ 19 กรัมต่อมิลลิลิตร และที่ระดับ 35 45 55 และ 65 มีความหนาแน่นเท่ากับ 16 14 13 และ 12 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับรติยาและคณะ (2551) และชนันท์ (2545) ที่กล่าวว่า ความหนาแน่นของโฟมจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของ Methocel เพิ่มขึ้น และ Overrun ของโฟมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อมีการใช้เจลในส่วนผสมมากขึ้นดังเห็นได้จากเมื่อเพิ่มปริมาณเจลจากร้อยละ 25 โดยน้ำหนักส่วนผสม เป็นร้อยละ 35 โดยน้ำหนักส่วนผสม พบว่าค่า Overrun เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 416.00 เป็นร้อยละ 542.89 และเมื่อเพิ่มปริมาณของสารละลาย Methocel® 65 HG ผสมกับ CMC เป็นร้อยละ 45 55 และ 65 โดยน้ำหนักของส่วนผสม ค่า %Overrun มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ รติยาและคณะ (2551) กล่าวว่าความเข้มข้นของสารที่ก่อให้เกิดโฟมสูงเกินไปทำให้ความสามารถของโฟมในการดักจับอากาศลดลง

ตารางที่ 4 การตรวจสอบสมบัติของโฟมน้ำมะม่วงมหาชนก

คุณสมบัติของโฟม	ปริมาณสารละลาย Methocel® 65 HG + CMC ความเข้มข้นร้อยละ 1.8 (% โดยน้ำหนัก)					C.V. (%)
	25	35	45	55	65	
ความคงตัว* (มิลลิลิตร/นาที)	0.010±0.002[a]	0.004±0.000[b]	0.001±0.000[c]	0.000±0.000[c]	0.000±0.000[c]	25.82
ความหนาแน่น* (กรัม/มิลลิลิตร)	0.19±0.002[a]	0.16±0.001[b]	0.14±0.002[c]	0.13±0.001[d]	0.12±0.001[e]	0.93
Overrun* (ร้อยละ)	416.00±4.43[e]	542.89±5.24[d]	602.11±8.20[c]	677.63±3.83[b]	718.37±5.39[a]	0.95

หมายเหตุ : a, b, c, d ตัวอักษรในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 5 ปริมาณของมอลโตเดกซ์ทรินที่เหมาะสมในส่วนผสมน้ำมะม่วงมหาชนก

ปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินโดยน้ำหนัก	สารละลาย Methocel® 65 HG ความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาณร้อยละ 45 โดยน้ำหนัก			
	0	1	2	3
ความคงตัว* (มิลลิลิตร/นาที)				
	0.011 ^{e} ±0.001	0.027 ^{a} ±0.004	0.023 ^{b} ±0.001	0.030 ^{a} ±0.001
ความหนาแน่น* (กรัม/มิลลิลิตร)				
	0.17 ^{cd} ±0.002	0.17 ^{d} ±0.001	0.18 ^{c} ±0.001	0.17 ^{cd} ±0.002
Overrun* (ร้อยละ)				
	471.93 ^{cd} ±7.150	479.13 ^{c} ±3.665	462.50 ^{d} ±1.998	474.30 ^{cd} ±5.489
Yield (ร้อยละ)				
	12.42	14.01	13.92	14.54

ตารางที่ 5 ปริมาณของมอลโตเดกซ์ทรินที่เหมาะสมในส่วนผสมน้ำมะม่วงมหาชนก (ต่อ)

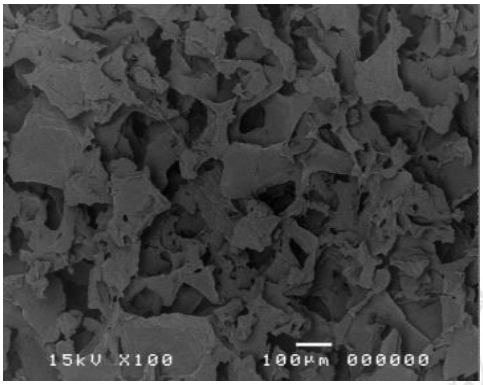
ปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินโดยน้ำหนัก	สารละลาย Methocel® 65 HG + CMC ความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก				
	0	1	2	3	C.V. (%)
ความคงตัว* (มิลลิลิตร/นาที)					
	0.015 ^{cd} ±0.001	0.014 ^{de} ±0.001	0.016 ^{cd} ±0.001	0.018 ^{c} ±0.001	9.59
ความหนาแน่น* (กรัม/มิลลิลิตร)					
	0.19 ^{b} ±0.003	0.17 ^{e} ±0.002	0.17 ^{e} ±0.004	0.20 ^{a} ±0.004	1.26
Overrun* (ร้อยละ)					
	419.96 ^{e} ±7.875	491.63 ^{b} ±5.861	504.72 ^{a} ±9.151	389.96 ^{f} ±9.727	1.48
Yield (ร้อยละ)					
	10.57	11.36	11.87	10.86	-

หมายเหตุ : a, b, c, d, e, f หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

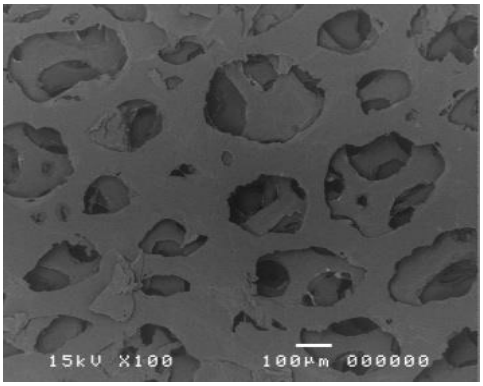
± หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

Ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

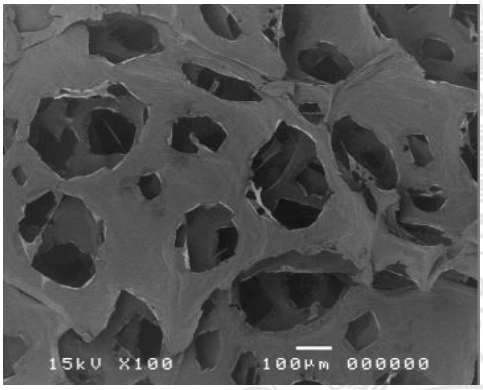
ผลการนำมะม่วงมหาชนกผงโดยวิธีการอบแห้งแบบโฟม-แมท ส่องกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) โดยใช้สารที่ก่อให้เกิดโฟม Methocel® 65 HG ผสมกับ CMC ความเข้มข้นร้อยละ 1.8 ที่ระดับร้อยละโดยน้ำหนักของส่วนผสม พบว่าโครงสร้างโฟมมีลักษณะเป็นรูพรุนที่แตกต่างกันไปตามปริมาณของสารก่อให้เกิดโฟมในแต่ละระดับ ซึ่งที่ระดับร้อยละ 25 จะมีโครงสร้างเป็นรูพรุนที่ไม่แน่นอนและไม่ละเอียด แต่เมื่อเพิ่มปริมาตรของสารที่ก่อให้เกิดโฟมขึ้น ลักษณะโครงสร้างรูพรุนมีความละเอียดเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลทำให้การเหยของน้ำได้ดีขึ้นในระหว่างการอบแห้งแบบลมร้อน และพบว่าในระดับของสารที่ก่อให้เกิดโฟมร้อยละ 45 จะมีความละเอียดมากที่สุด ซึ่งส่งผลดีต่อการอบแห้งแบบลมร้อนที่มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด



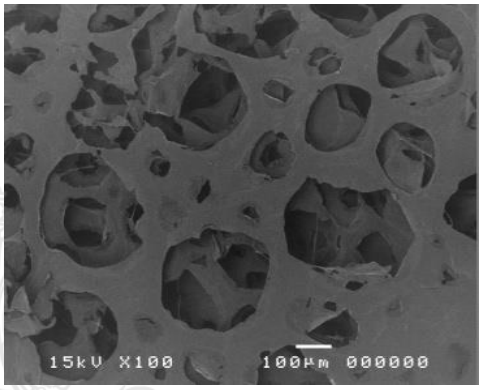
(a) M+CMC 25%, 70 °C



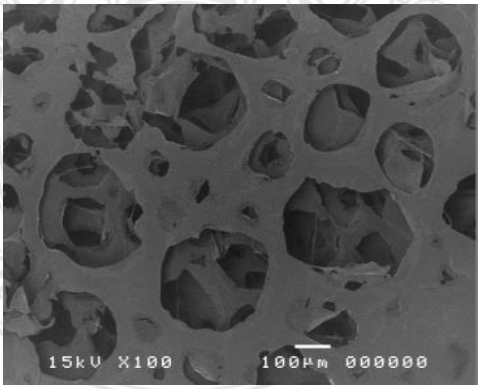
(b) M+CMC 35%, 70 °C



(c) M+CMC 45%, 70 °C



(d) M+CMC 55%, 70 °C



(e) M+CMC 65%, 70 °C

รูปที่ 2 (a-e) ลักษณะโครงสร้างของมะม่วงมหาชนกผงโดยวิธีการอบแห้งแบบโฟม-แมทที่ส่องด้วยกล้อง SEM

4. สรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาชนิดของสารก่อให้เกิดโฟมและปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะม่วงมหาชนกโดยวิธีการอบแห้งแบบโฟม-แมทที่เหมาะสม คือ ปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินที่ระดับน้อยละ 2 โดยน้ำหนัก และสารก่อให้เกิดโฟม Methocel® 65 HG ความเข้มข้นร้อยละ 0.9 ผสมกับ CMC ความเข้มข้นร้อยละ 0.9 ปริมาตรร้อยละ

45 โดยน้ำหนัก ทำให้น้ำมะม่วงเกิดโฟมคงตัวและโฟมมีความละเอียด จากการส่องกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) โฟมมีโครงสร้างลักษณะเป็นรูพรุน ทรงกลมและทรงรี

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง

6. เอกสารอ้างอิง

ชนันท์ ราษฎร์นิยม. 2545. **การผลิตน้ำลำไยผง ด้วยวิธีการอบแห้งแบบโฟม-แมท.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2544. **หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

พัชรี ว่องวงค์อารี. 2553. **การศึกษากระบวนการผลิตมะม่วงมหาชนกผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (ปัญหาพิเศษ).** สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง.

มนตรี คงตระกูลเทียน. 2552. **“ตลาดมะม่วงส่งออกต่างประเทศทั่วโลก”**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มาhttp://www.cpcrop.com/ขาวสารกิจกรรม/ขาวสารกิจกรรม/tabid/198/ctl/ArticleView/mid/598/articleId/551/language/en-US/-52---.aspx (15 สิงหาคม 2555)

รติยา และคณะ. 2551. **ลักษณะและคุณภาพของกล้วยอบแห้งแบบโฟม-แมท.** ภาควิชาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.

รวี เสรฐภักดี และเปรมปรี ณ สงขลา. 2542. มหาชนก มะม่วงเพื่ออุตสาหกรรมส่งออกและแปรรูป. **วารสารเคหะเกษตร** 3(3); 64–68 น.

วัชรี มหัทธนพรรค และรัตนา อัตตปัญโญ. 2543. **การพัฒนาวิธีการทำน้ำลำไยผงด้วยวิธีการอบแห้งแบบโฟม-แมท.** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.2552.**“ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร”**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.oae.go.th/main.php?filename=index (15 สิงหาคม 2555)

อรทัย บุญทะวงค์. 2547. **กรรมวิธีและลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์มะเกี๋ยง (*Cleistocalyx nervosum var. paniala*) ผงชงละลายที่ผลิตโดยวิธีเคลือบผิวน้ำตาล และวิธีอบแห้งแบบโฟม-แมท**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

A.O.A.C. 2000. **Official Method of Analysis**. 17th ed. The Association of Official Analysis Chemists. Arlington, Virginia.

Bates, R.P. 1964. Factors affecting foam production and stabilization of tropical fruit products. ***Food Technology*** 18, 93-96.

Bissett, O. W., Tatum, J. H., Wagner, C. J., Tr., Veldhuis, M. K., Graham, R. P. and Morgan, A. I., Jr. 1963. Foam-mat dried orange juice. ***Food Technolgy*** 17(2), 92-95.

Graham, R.P., Hart, M. R., Williams, G. S. and Morgan, A. I., Jr. 1965. Foam-mat drying citrus juices. ***Food Technology*** 19, 1273-1275.

Hart, M. R., Graham, R. P., Ginnette, L. F. and Morgan, A. I. 1963. Foams for Foam-mat drying. ***Food Technology*** 17, 1302-1304.

Jaya, S., Das, H. 2004. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. **Journal of Food Engineering** 63, 125–134.

Ratiya, T., Somkiat, P. and Somchart S. 2008 Drying characteristics and quality of banana foam mat. ***Journal of Food Engineering*** 86, 573-583.

Tuyen C. Kha, Minh H. Nguyen and Paul D. Roach. (2010). Effedts fo spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (Momordica cochinensis) fruit aril powder. ***Food Engineering***, 98: 385-392.

Wankhade, P.K. and Sapkal Dr.R.S. 2013. Drying Characteristics of Okra slices on drying in Hot Air Dryer. ***Procedia Engineering*** 51, 371-374.