การผลิตและพัฒนาคุณภาพแก้วมังกรแผ่น

Production and Quality Improvement of Red Dragon Leather

อรพิน ชัยประสพ[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการผลิตและพัฒนาคุณภาพแก้วมังกรแผ่นมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตแก้วมังกรแผ่นจากผลแก้วมังกรพันธุ์สีแดง โดยศึกษาการใช้เพ็กทินที่ร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร แป้งมันสำปะหลังที่ร้อยละ 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5 และ 20.0 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร พบว่า การใช้เพ็กทินที่ร้อยละ 2.5 – 3.0 แป้งมันสำปะหลังที่ร้อยละ 10.0 – 20.0 ใช้เวลาในการอบแห้งแก้วมังกรแผ่นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ลดลงจาก 16 ชั่วโมง(ที่ร้อยละ0) เป็น 9 – 10 และ 11 - 12 ชั่วโมง ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในด้านเนื้อสัมผัสแก้วมังกรแผ่นมีค่าแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นตามปริมาณเพ็กทินและแป้งมันสำปะหลัง ส่วนระยะการยืดตัวมีค่าสูงสุดเมื่อใช้เพ็กทินร้อยละ 2 และแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 12.5 และจากศึกษาการใช้เพ็กทิน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.25, 0.50 และ 0.75 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลัง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2.5, 5.0 และ 7.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร พบว่า การใช้เพ็กทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังทุกอัตราส่วนใช้เวลาในการอบแห้งแก้วมังกรแผ่นเพียง 6.20 ชั่วโมง ค่าแรงดึงขาดและระยะการยืดตัวเพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งมันสำปะหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ลักษณะทางประสาทสัมผัสของแก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังทดสอบโดยวิธี 7 - Point Hedonic Scale พบว่า มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร้อยละ 0.75 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 5.27 และ 5.44 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ชอบค่อนข้างมากถึงมาก แก้วมังกรแผ่นที่บรรจุในถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์และการตกผลึกของน้ำตาลตลอด 60 วันของการเก็บรักษา

คำสำคัญ : แก้วมังกรพันธุ์สีแดง ผลไม้แผ่น เพ็กทิน แป้งมันสำปะหลัง อายุการเก็บรักษา

ABSTRACT

The objectives of the production and quality Improvement of red dragon leather were to study the appropriate types and amounts of ingredients to produce fruit leather from red dragon fruits (Hylocereus polyrhizus). The use of 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2, 2.5 and 3.0 % pectin by juice weight and 0, 2.5, 5, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5 and 20.0 % tapioca starch by juice weight were studied. The results showed that using 2.5 -3.0 % pectin and 10.0 – 20.0 % tapioca flour could reduce significantly drying time at 60ºC from 16 hours to 9 - 10

[1] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

and 11 -12 respectively ($p<0.05$). For the texture of the dragon fruit leather, the tensile force increased as the increased amounts of pectin and tapioca starch. The dragon fruit leather using 2.0 % pectin and 12.5 % tapioca flour had the longest extension distance. The use of three levels of pectin: 0.25, 0.50 and 0.75 % together with three levels of tapioca flour: 2.5, 5.0 and 7.5 % juice weight to produce dragon leather were studied. Sensory analysis using 7 - Point Hedonic Scale showed the significant difference ($p<0.05$) and found that the dragon fruit leathers using 0.75 % pectin together with 2.5 % tapioca flour had the highest scores in texture and overall preference of 5.27 and 5.44 respectively in the scale of probably much to much preference. Microorganisms and sugar crystallization had not been found in the dragon fruit leather packed in the laminated aluminum foil bag and stored at the room temperature for 60 days.

Keywords : red dragon fruits, fruit leather, pectin, tapioca starch, shelf life

บทนำ

แก้วมังกร (*Hylocereus sp.*) เป็นพืชในตระกูลกระบองเพชร ปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย ให้ผลผลิตมากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ผลแก้วมังกรมีคุณค่าทางโภชนาการ (Tonon et al., 2008) แก้วมังกรส่วนใหญ่จำหน่ายในรูปผลไม้สำหรับรับประทานสด ไม่ค่อยมีการนำมาแปรรูป ทำให้ในฤดูกาลมีผลผลิตล้นตลาด ราคาตกต่ำ และเน่าเสีย

ผลไม้แผ่น (fruit leather, fruit sheet) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ได้รับความนิยม การผลิตไม่ยุ่งยาก ไม่ต้องอาศัยเทคโนโลยีที่ซับซ้อน ผลไม้ที่มีส่วนประกอบที่เหมาะสม สามารถนำมาผลิตเป็นผลไม้แผ่นที่มีคุณภาพดีมาก ได้แก่ สับปะรด สตรอเบอร์รี่ แอปปริคอต แอปเปิ้ล เชอร์รี่ เบอร์รี่ เนคทาริน พีช และพลัม เป็นต้น (Hennaman and Malone, 1993) แต่ผลไม้บางชนิดที่มีน้ำมาก เช่น องุ่น การนำมาผลิตเป็นผลไม้แผ่นต้องเติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส เช่น มอลโทเด็กซ์ทริน เพ็กทิน คาร์บ๊อกซีเมทิลเซลลูโลส (Kaushal et al., 2013) การผลิตผลไม้แผ่นนอกจากจะผลิตโดยใช้ผลไม้สดแล้ว ยังสามารถผลิตจากผลไม้กระป๋อง ผลไม้แช่แข็ง หรือนำผักผลไม้ชนิดต่างๆ มาผสมกัน (ศิริลักษณ์, 2545; Kaushal et al., 2013) Dauthy (1995) อธิบายการผลิตผลไม้แผ่นโดยนำพิวเร่หรือเนื้อผลไม้มาเติมน้ำตาลเพื่อปรับให้ได้ 25 องศาบริกซ์ เติมกรดซิตริก 2 กรัมต่อกิโลกรัม หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทำให้เย็นทันทีที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เติมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต 2 กรัมต่อกิโลกรัม เพื่อให้ได้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 1,000 พีพีเอ็ม เทลงบนถาด นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 - 70 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นร้อยละ 15 – 20 (A_w 0.5 - 0.7) มีความหนา 3 มิลลิเมตร นอกจากนี้ในการผลิตผลไม้แผ่นยังมีการใช้วัตถุเจือปนอาหารเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส เช่น เพ็กทิน มอลโทเด็กซ์ทริน กลูโคสไซรัปรวมทั้งสารกันยีสต์และรา เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวและเก็บได้นาน มีการใช้เพ็กทินร้อยละ 0.5-1.5 เป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสในการผลิตมะม่วงแผ่น บ๊วยแผ่น (อนุวัตร และคณะ, 2549; อนุวัตร และคณะ, 2550) ลำไยแผ่น (รัตนา และคณะ, 2550) สตรอเบอร์รี่แผ่น(Ratphitagsanti, et al., 2004) ลูกแพร์แผ่น(Huang and Hsieh, 2005) นอกจากนี้ยังมีการนำสารในกลุ่มแป้งมาใช้ปรับปรุงเนื้อสัมผัส รวมทั้งลดต้นทุนการผลิต เช่น การใช้มอลโทเด็กซ์ทรินที่ร้อยละ 1 ในมะม่วงแผ่น (จิรายุส และทวีนุช, 2544) ร้อยละ 5 ในทุเรียนแผ่น (พรศักดิ์, 2545) ร้อยละ 10 ในลำไยแผ่น (รัตนา และคณะ, 2550)

น้ำตาลซูโครสเป็นอีกส่วนผสมหนึ่งที่จำเป็นในการผลิตผลไม้แผ่น นอกจากจะให้รสหวานแล้ว ยังให้ความหนืด ความคงตัว ความเป็นเนื้อ และเกี่ยวข้องกับการตกผลึกของน้ำตาลและลักษณะเนื้อสัมผัส(Sharma et al., 2013) นอกจากน้ำตาลซูโครสแล้วยังมีการใช้กลูโคสไซรัปเป็นสารยึดเกาะทำให้มีเนื้อสัมผัสดีขึ้น ลดการสูญเสียน้ำ ป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล มีการใช้กลูโคสไซรัปร่วมกับน้ำตาลซูโครสในการผลิตผลไม้แผ่น เช่น กล้วยแผ่น พลับ

แผ่น และลูกแพร์แผ่น ทำให้มีค่าแรงดึงขาดและความเหนียวมากกว่าการใช้กลูโคสไซรัปหรือน้ำตาลทรายเป็นส่วนผสมเพียงชนิดเดียว (เพ็ชรดา, 2547; จารุวรรณ, 2549; Huang and Hsieh, 2005)

การอบแห้งผลไม้แผ่น

การอบแห้งผลไม้แผ่นนิยมอบแห้งในตู้อบลมร้อน อัตราการอบแห้งสูงเมื่อใช้อุณหภูมิลมร้อนสูงและความหนาของส่วนผสมผลไม้แผ่นน้อย Maskan et al.(2002) ศึกษาสภาวะในการอบแห้งองุ่นแผ่นที่ความหนา 0.71 – 2.86 มิลลิเมตร และอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 - 75 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 50 – 140 นาที เมื่อใช้อุณหภูมิลมร้อนสูงและความหนาน้อย ใช้เวลาในการอบแห้งน้อย เช่นเดียวกับ Irwandi and Che Man (1995) อบแห้งผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่นที่มีความหนา 1.2 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 8 ชั่วโมง

อายุการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลสูง ความชื้นปานกลางประมาณร้อยละ 15 หรือต่ำกว่า A_w อยู่ในช่วง 0.46 – 0.65 โดยปกติแล้วความชื้นระดับนี้เป็นระดับที่ค่อนข้างปลอดภัย ไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์ แต่ค่อนข้างไวต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้น เมื่อเก็บรักษาในบรรยากาศที่มีความชื้นสูงจะดูดความชื้น ทำให้เกิดลักษณะเหนียวเหนอะ แต่ในบรรยากาศที่มีความชื้นต่ำก็จะสูญเสียความชื้น ทำให้เกิดการตกผลึกของน้ำตาล ลักษณะเนื้อสัมผัสเสียไป (Demarch et al., 2013) การเก็บรักษาผลไม้แผ่นให้คงคุณภาพ นอกจากอุณหภูมิแล้ว ความชื้นสัมพัทธ์ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญต่ออายุการเก็บรักษา

(Satyaprakash and Roy, 1980) ความชื้นสมดุลในการเก็บรักษาผลไม้แผ่นแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เช่น ฝรั่งแผ่น ความชื้นสมดุลในการเก็บรักษา คือ ร้อยละ 52 – 64 (Vijayanand et al., 2000) Seabuckthorn leather คือ ร้อยละ46 – 65 (Kaushal et al., 2013) มะม่วงแผ่น คือ ร้อยละ 64.8, 59 – 69 (Mir and Nath,1995; Vijayanand et al., 2000) นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษาผลไม้แผ่นยังมีการเปลี่ยนแปลง คือ การเกิดสีน้ำตาลแบบไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (Nonenzymatic browning) การเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส และการออกซิเดชันของไขมัน (Maskan et al., 2002) บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสามารถป้องกันผลิตภัณฑ์จากการเปลี่ยนแปลงความชื้นและการเกิดสีน้ำตาล มีรายงานการวิจัย พบว่า การใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดลามิเนตอลูมิเนียมฟอยล์ (LAF) ช่วยรักษาคุณภาพของทุเรียนแผ่น กล้วยแผ่น และขนุนแผ่น ได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดโอเรียนเตดพอลีพรอพิลีน (OPP) (พรศักดิ์, 2545) พอลิพรอพิลีน (เพ็ชรดา, 2547) พอลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) (Che-Man and Sin, 1977) และโลเดนซิตี้พอลิเอทิลีน (LDPE) (Irwandi et al, 1998)

ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำผลแก้วมังกรพันธุ์สีแดงที่มีจุดเด่นที่มีสีสวยงามจากธรรมชาติ และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวในรูปแก้วมังกรแผ่น เพื่อเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์จากแก้วมังกร แต่การผลิตแก้วมังกรแผ่น ยังไม่มีการศึกษาวิจัยทั้ง ในด้านส่วนผสม กระบวนการผลิต การอบแห้ง และการเก็บรักษา ดังนั้นผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาชนิดและปริมาณส่วนผสมที่ใช้ในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของแก้วมังกรแผ่นจากแก้วมังกรพันธุ์สีแดง ให้เป็นอาหารขบเคี้ยวชนิดใหม่รวมทั้งศึกษาอายุการเก็บรักษา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การผลิตแก้วมังกรแผ่น

น้ำแก้วมังกรแช่เยือกแข็งเตรียมจากผลแก้วมังกรพันธุ์สีแดง (*Hylocereus polyrhizus*) จากไร่ลุงไฮ้ อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี (เตรียมตามวิธีการของอรพิน, 2555) นำมาผลิตเป็นแก้วมังกรแผ่น ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิต คือ น้ำแก้วมังกร 50 กรัม น้ำ 100 กรัม เกลือ 3 กรัม น้ำตาลทราย 25 กรัม กรดซิตริก 4 กรัม สารปรับปรุงเนื้อสัมผัส (ข้อ 2) ผสมให้เข้ากัน นำไปประเหยด้วยความร้อนจนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 30 องศาบริกซ์ เทลงในถาดอะลูมิเนียมขนาดกว้าง 18 เซนติเมตร ยาว 26 เซนติเมตร รองด้วยพลาสติกชนิดพอลิพรอพิลีน นำไปอบในตู้อบลมร้อน (ยี่ห้อ WTB Binder รุ่น FD 720) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อบจนกระทั่งสามารถลอก

ออกเป็นแผ่นได้ (ภาพที่ 1) และบันทึกเวลาในการอบแห้งแก้วมังกรแผ่น

2. ศึกษาชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม

ผลิตแก้วมังกรแผ่นตามวิธีการในข้อที่ 1 ศึกษาการใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสในข้อ 2.1 - 2.2 ดังนี้

2.1 สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสชนิดเดียว คือ เพ็กทินที่ร้อยละ 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร และแป้งมันสำปะหลังที่ร้อยละ 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5 และ 20 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร

2.2 สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสผสมระหว่างเพ็กทิน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.25, 0.5 และ 0.75 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลัง 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2.5, 5 และ 7.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร

3. การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของแก้วมังกรแผ่น

3.1 ค่า A_w โดยเครื่องวัดค่า Water Activity ยี่ห้อ novasina

3.2 เนื้อสัมผัส

ตัดแก้วมังกรแผ่นให้มีขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร นำไปวัดค่าแรงดึงขาด (tensile force) และระยะการยืดตัว (Extension distance) โดยใช้เครื่อง Texture Analyser รุ่น TA-XT plus และใช้หัววัดชนิด Spaghetti tensile GRIPS (A/SPR)

4. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำแก้วมังกรแผ่นมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่เป็นนักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง จำนวน 12 คน ทดสอบความชอบด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส การยอมรับโดยรวม ใช้วิธี 7- Point Hedonic Scale (7 = ชอบมากที่สุดและ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด)

ภาพที่ 1 การผลิตแก้วมังกรแผ่น

5. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของแก้วมังกรแผ่น

บรรจุแก้วมังกรแผ่นขนาด 5 X 5 เซนติเมตรในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติกชนิดพอลีพรอพิลีน ความหนา 0.035 มิลลิเมตร และถุงลามิเนตอะลูมิเนียมฟอยล์ ความหนา 0.075 มิลลิเมตรขนาด 10 X 10 เซนติเมตร เก็บรักษาในบรรยากาศปกติ ศึกษาอายุการเก็บรักษา ดูการเจริญของจุลินทรีย์โดยตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) จำนวนยีสต์และรา ทุก ๆ 15 วัน เป็นเวลา 60 วันตามวิธีการ AOAC (1991)

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ A_w ค่าแรงดึงขาด ระยะการยืดตัว เวลาอบ และผลผลิตที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) มาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธี Analysis of Variance และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan's multiple range test

ผลการวิจัย

1. ผลการใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสชนิดเดียว

การผลิตแก้วมังกรแผ่นโดยไม่ได้ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานถึง16 ชั่วโมง แต่เมื่อใช้เพ็กทินและแป้งมันสำปะหลังเป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลง โดยการใช้เพ็กทินร้อยละ 2.5 – 3 และแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10 ถึง 20 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร ใช้เวลาการอบแห้งเพียง 9 – 10 และ 11–12 ชั่วโมง ตามลำดับ ได้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ดังตารางที่1 สอดคล้องกับ ศิริลักษณ์ (2545) ศึกษาการผลิตสับปะรดแผ่นโดยใช้เนื้อสับปะรดล้วน ไม่มีการเติมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสและส่วนผสมอื่นๆ อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งนานถึง 30 ชั่วโมง การเติมแป้งมันสำปะหลังลงไปในส่วนผสมที่ใช้ผลิตแก้วมังกรแผ่น โมเลกุลของแป้งรวมตัวกันเกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย อุ้มน้ำอยู่ภายใน ไม่สามารถเคลื่อนที่มาที่ผิว ทำให้ผิวแห้ง ลอกออกเป็นแผ่นได้ ใช้เวลาในการอบแห้งลดลง (Maskan et al., 2002)

ผลผลิต (%) ของแก้วมังกรแผ่นคำนวณจากน้ำหนักแก้วมังกรแผ่นหลังอบ/น้ำหนักส่วนผสมแก้วมังกรก่อนอบX100 การใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสทั้งสองชนิดในการผลิตแก้วมังกรแผ่นให้ผลผลิตอยู่ในช่วงร้อยละ 64 – 71.52 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แสดงว่า สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสไม่มีผลในการเพิ่มผลผลิต

ค่า A_w ของแก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทิน มีค่า A_w อยู่ในช่วง 0.41 - 0.45 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ส่วนแก้วมังกรแผ่นที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง มีค่า A_w 0.45 - 0.48 แตกต่างจากแก้วมังกรแผ่นที่ไม่ใช้แป้งมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ค่า A_w ของแก้วมังกรแผ่นมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นชนิดอื่นๆ เช่น ทุเรียนแผ่นมีค่า A_w อยู่ในช่วง 0.57 - 0.62 (Irwandi et al., 1998) แต่ใกล้เคียงกับองุ่นแผ่นที่มี A_w อยู่ในช่วง 0.47- 0.62 (Maskan et al., 2002)

ตารางที่ 1 เวลาอบ ผลผลิต(%) และA_w ของแก้วมังกรแผ่นที่แปรปริมาณแป้งมันสำปะหลังและเพ็กทิน

	ร้อยละของสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส[1]								
แป้งมันสำปะหลัง	0%	2.5%	5%	7.5%	10%	12.5%	15%	17.5%	20%
เพ็กทิน	0%	0.5%	1%	1.5%	2%	2.50%	3%		
	เวลาอบ(ชม.)								
แป้งมันสำปะหลัง	16:00^{b}	15:06^{b}	14:46^{b}	14:06^{b}	11:52^{a}	11:52^{a}	11:32^{a}	11:06^{a}	11:06^{a}
เพ็กทิน	16^{d}	14^{c}	13^{bc}	13^{bc}	12^{b}	10^{a}	9^{a}		
	ผลผลิต(%)								
แป้งมันสำปะหลัง^{ns}	66.98	71.52	70.87	70.14	70.05	70.28	69.07	68.55	67.81
เพ็กทิน^{ns}	66.98	66.33	65.12	64.00	67.04	66.42	65.93		
	A_w								
แป้งมันสำปะหลัง	0.41^{a}	0.46^{b}	0.45^{b}	0.46^{b}	0.46^{b}	0.47^{b}	0.46^{b}	0.48^{b}	0.48^{b}
เพ็กทิน^{ns}	0.41	0.44	0.41	0.43	0.42	0.45	0.42		

1=ร้อยละของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร

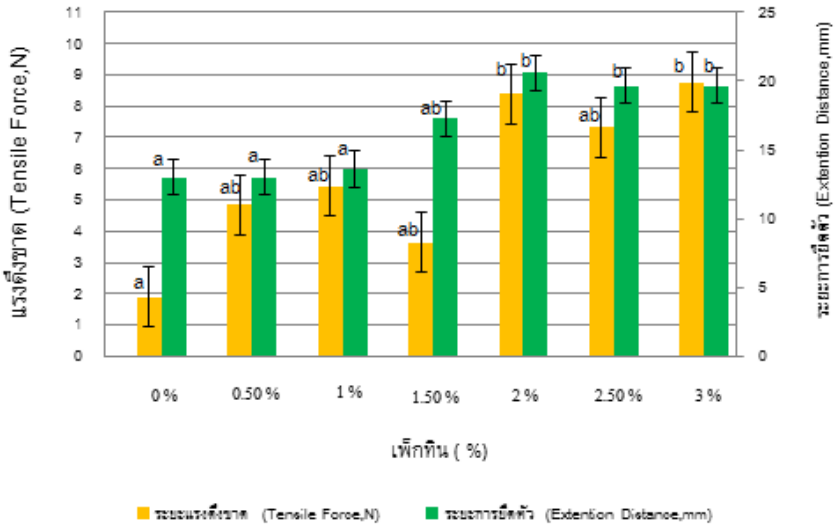
$^{a-d}$ ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} ในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

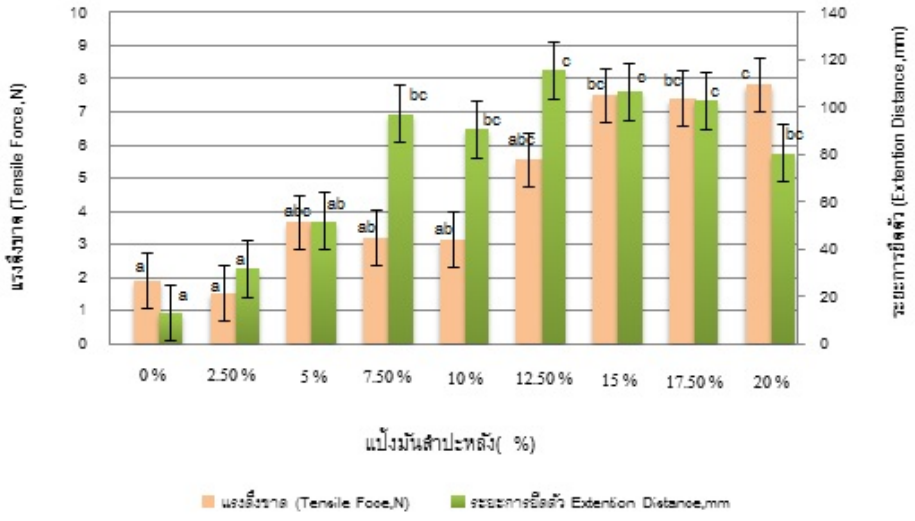
ค่าแรงดึงขาด

แก้วมังกรแผ่นที่ไม่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสมีค่าแรงดึงขาด (tensile force) และระยะการยืดตัวก่อนขาด(extension distance) น้อยที่สุด เท่ากับ 1.89 นิวตัน และ12.99 มิลลิเมตร เมื่อใช้เพ็กทินเพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 2.0 – 3.0 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร แก้วมังกรแผ่นมีค่าแรงดึงขาดและระยะการยืดตัวก่อนขาดเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 7.32 - 8.77 นิวตัน และ 19.64 - 20.61 มิลลิเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับแก้วมังกรแผ่นที่ไม่ใช้เพ็กทิน (ภาพที่ 2ก) สอดคล้องกับงานวิจัยของรัตนา และคณะ (2550) ศึกษาการใช้เพ็กทินในการผลิตลำไยแผ่น พบว่า เมื่อปริมาณเพ็กทินเพิ่มขึ้นจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นเจลแข็งมากขึ้น ปริมาณเพ็กทินที่เพิ่มขึ้นจะเกิดพันธะระหว่างโมเลกุลเพ็กทินและยังเกิดพันธะข้าม (cross-link) กับสารประกอบอื่นๆในอาหาร ทำให้เพิ่มแรงต้านการดึงขาด (นิธิยา, 2549)

การใช้แป้งมันสำปะหลังมีผลทำให้แก้วมังกรแผ่นมีค่าแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งมันสำปะหลังและมีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.82 นิวตัน ที่ร้อยละ 20 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาพที่ 2ข) การเติมแป้งมันสำปะหลังลงไปในส่วนผสมที่ใช้ผลิตแก้วมังกรแผ่นทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างแป้ง-น้ำ-แป้ง เป็นพันธะที่มีความแข็งแรง เมื่อความเข้มข้นของแป้งเพิ่มมากขึ้นจะเกิดพันธะระหว่างสายโซ่ของแป้ง-แป้ง เพิ่มมากขึ้น (Maskan et al., 2002) ปริมาณแป้งมันสำปะหลังนอกจากจะมีผลต่อความแข็งของแก้วมังกรแผ่นแล้ว ยังมีผลต่อความเหนียว โดยพิจารณาจากระยะการยืดตัวของแก้วมังกรแผ่นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดเท่ากับ 115.61 มิลลิเมตร ที่ร้อยละ 12.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร จากนั้นมีค่าลดลงและเมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 20 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร ระยะการยืดตัวลดลงเหลือ 80.35 มิลลิเมตร แก้วมังกรแผ่นที่ได้มีลักษณะที่เหนียวและแข็งเหมือนพลาสติก



ก)



ข)

ภาพที่ 2 ค่าแรงดึงขาดและระยะการยืดตัวของแก้วมังกรแผ่นที่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัส ก) เพ็กทิน ข) แป้งมันสำปะหลัง

2. ผลการใช้แป้งมันสำปะหลังร่วมกับเพ็กทินในการผลิตแก้วมังกรแผ่น

การใช้เพ็กทินหรือแป้งมันสำปะหลังเพียง 1 ชนิดในการผลิตแก้วมังกรแผ่นให้แก้วมังกรแผ่นที่มีเนื้อสัมผัสยังไม่เป็นที่พอใจ โดยการใช้แป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวในระดับต่ำกว่าร้อยละ 7.5 ให้ลักษณะแก้วมังกรแผ่นที่เหนียวเหนอะ ในขณะที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นให้ลักษณะแก้วมังกรแผ่นที่มีความเหนียวและแข็งมากขึ้นจนมีลักษณะคล้ายพลาสติกที่ระดับร้อยละ 20 ส่วนเพ็กทินต้องใช้ในช่วงร้อยละ 2.0 – 3.0 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกรให้แก้วมังกรแผ่นที่มีความเหนียวและความยืดหยุ่น เป็นการใช้เพ็กทินในปริมาณที่สูง ซึ่งมีราคาแพง จึงได้นำสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสมาใช้ในรูปผสม ตามวิธีการวิจัยในข้อ 2.2 เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลดต้นทุนการผลิต มีผลต่อ เวลาอบ คุณภาพ และเนื้อสัมผัสของแก้วมังกรแผ่นดังนี้

2.1. เวลาในการอบแห้ง ค่า A_w และผลผลิต

แก้วมังกรแผ่นที่ไม่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสใดๆ ใช้เวลาในการอบแห้งนานที่สุด คือ 16 ชั่วโมง เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังร่วมกับเพ็กทินทุกระดับ ใช้เวลาใน

การอบแห้งแก้วมังกรแผ่นลดน้อยลง คือ 6 ชั่วโมง 20 นาทีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ตารางที่ 2

ค่า A_w ของแก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลัง มีค่า A_w อยู่ในช่วง 0.40 - 0.43 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ผลผลิตของแก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังอยู่ในช่วงร้อยละ 65.33 - 69.42 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตารางที่ 2 เวลาอบ ผลผลิต (%) ค่า A_w ของแก้วมังกรแผ่นที่แปรปริมาณเพ็กทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลัง

สูตร(เพ็กทิน + แป้งมันสำปะหลัง)[1] (%)	เวลาอบ (ชม.)	ผลผลิต[ns] (%)	A_w
1(0%+0%)	16.00[b]	66.98	0.41[ab]
2(0.25%+2.5%)	6.20[a]	65.33	0.43[c]
3(0.25%+5%)	6.20[a]	65.60	0.41[ab]
4(0.25%+7.5%)	6.20[a]	66.09	0.41[b]
5(0.5%+2.50%)	6.20[a]	66.49	0.41[ab]
6(0.5%+5%)	6.20[a]	65.64	0.41[b]
7(0.5%+7.50%)	6.20[a]	69.42	0.41[ab]
8(0.75%+2.5%)	6.20[a]	67.17	0.41[b]
9(0.75%+5%)	6.20[a]	66.67	0.40[a]
10(0.75%+7.5%)	6.20[a]	66.16	0.42[b]

1=ร้อยละของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร

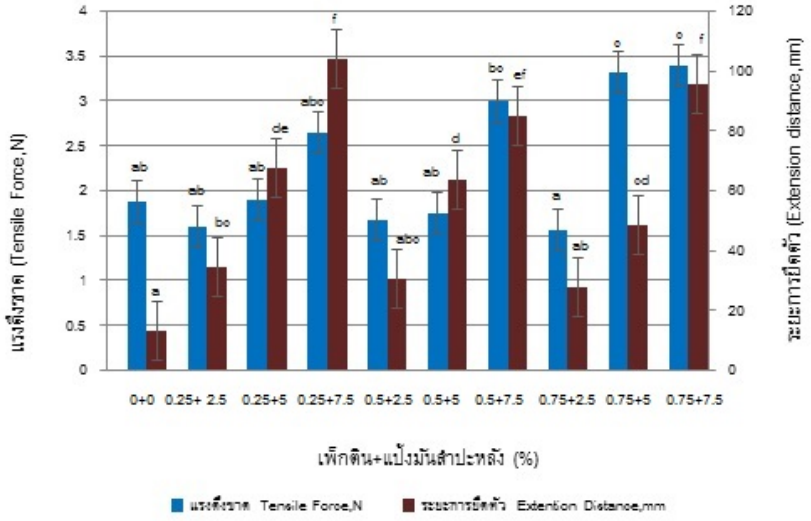
[a-d] ในแนวตั้งแสดงว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

[ns] ในแนวตั้งแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p >0.05)

2.2. เนื้อสัมผัส

ค่าแรงดึงขาด พบว่า แก้วมังกรแผ่นที่ไม่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสใดๆ มีค่าแรงดึงขาดเท่ากับ 1.89 นิวตัน เมื่อใช้เพ็กทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังโดยพิจารณาที่เพ็กทินคงที่ที่ร้อยละ 0.25 และ 0.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร มีค่าแรงดึงขาดอยู่ในช่วง 1.59 – 2.99 นิวตัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่ที่เพ็กทินร้อยละ 0.75 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลังที่ร้อยละ 5 และ 7.5 ค่าแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 3.32 – 3.39 นิวตัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ค่าระยะการยืดตัวของแก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นในทุกระดับของเพ็กทินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพที่ 3 ค่าแรงดึงขาดและระยะการยืดตัวของแก้วมังกรแผ่นที่ใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสผสม

2.3. ลักษณะทางประสาทสัมผัสของแก้วมังกรแผ่น

คัดเลือกหน่วยทดลองแก้วมังกรแผ่นที่ใช้แป้งมันสำปะหลังร่วมกับเพ็กทินเป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่ให้แก้วมังกรแผ่นที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม เหนียว ยืดหยุ่น ไม่มีลักษณะ เยิ้ม แฉะ กรอบ เปราะ และแข็ง คล้ายพลาสติก 4 สูตร ดังตารางที่ 3 นำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทแบบ 7 - point hedonic scale ได้ผลดังนี้ แก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังทั้ง 4 สูตร ผู้ชิมให้คะแนนความชอบด้านสีและกลิ่นรสอยู่ในช่วง 5.33 – 5.67 และ4.85 – 5.44 ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมแก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร้อยละ 0.75 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร มีคะแนนสูงสุดเท่ากับ 5.27 และ 5.44 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ชอบค่อนข้างมากถึงมาก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)กับแก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร้อยละ 0.5 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 7.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร ได้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมต่ำสุดเท่ากับ 4.14 และ4.41 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัสของแก้วมังกรแผ่นที่แปรปริมาณแป้งมันสำปะหลัง ร่วมกับเพ็กทิน

แก้วมังกรแผ่น	คะแนนลักษณะทางประสาทสัมผัส[2]			
	สี[ns]	กลิ่นรส[ns]	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
1) P 0.5%+ S2.5%	5.58	5.27	4.58[ab]	4.98[ab]
2) P 0.5%+S5%	5.67	5.07	4.76[ab]	5.00[ab]
3) P 0.5%+ S7.5%	5.37	4.85	4.14[a]	4.41[a]
4) P 0.75%+S2.5%	5.33	5.44	5.27[b]	5.44[b]

1=ร้อยละของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร 2 =7-point hedonic scale

S =แป้งมันสำปะหลังP = เพ็กทิน

[ns]ในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

[a-b]ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

3. อายุการเก็บรักษา

แก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร้อยละ 0.75 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกรใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยเก็บในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถุงพลาสติกพอลีพรอพิลีนและถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 60 วัน นำไปตรวจจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ทุก 15 วัน ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ในแก้วมังกรแผ่นทั้ง 2 บรรจุภัณฑ์ ตลอดระยะเวลา 60 วันของการเก็บรักษา(ข้อมูลไม่ได้แสดง) แต่ลักษณะของแก้วมังกรแผ่นที่บรรจุในถุงพลาสติกพอลีพรอพิลีนเริ่มเกิดเป็นจุดเล็กๆ สังเกตเห็นได้ในวันที่ 30 ของการเก็บรักษา เห็นชัดเจนในวันที่ 45 ของการเก็บรักษา และเกิดขึ้นทั่วทั้งแผ่นในวันที่ 60 ของการเก็บรักษา ในขณะที่แก้วมังกรแผ่นที่บรรจุในถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ในวันที่ 60 ของการเก็บรักษา ไม่พบการตกผลึกของน้ำตาล แต่เนื้อสัมผัสมีลักษณะแข็งขึ้นเล็กน้อย สาเหตุเนื่องมาจากถุงพลาสติกพอลีพรอพิลีนป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ไม่ดีเท่าถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์ แก้วมังกรแผ่นที่มีความชื้นค่อนข้างต่ำเมื่อสูญเสียความชื้นไป ทำให้ความเข้มข้นของน้ำตาลในแก้วมังกรแผ่นสูงเกินจุดอิ่มตัวจึงเกิดการตกผลึกขึ้น สอดคล้องกับ Mir and Nath (1995) ได้รายงานไว้ว่าผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นโดยทั่วไปจะมีน้ำตาลอยู่ระหว่างร้อยละ 69.53 - 82.41 อยู่ในรูปที่ไม่ดูดซับน้ำ และการตกผลึกจะเกิดขึ้น ภายในระยะเวลาที่ต่างกันขึ้นกับสภาวะในการเก็บรักษา

สรุปและวิจารณ์ผล

1. การใช้เพ็กทินร้อยละ 2.5 – 3 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10 – 20 และเพ็กทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังทุกอัตราส่วนใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด คือ 9 – 10, 11 – 12 และ 6 ชั่วโมง 20 นาที ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p <0.05)

2. แก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทิน และ แป้งมันสำปะหลังเป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสเพียงชนิดเดียว มีค่าแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นตามปริมาณเพ็กทินและแป้งมันสำปะหลัง ส่วนระยะการยืดตัวมีค่าสูงสุดที่เพ็กทินร้อยละ 3 และ แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 12.5

3. การใช้เพ็กทินร่วมกับแป้งมันสำปะหลังแก้วมังกรแผ่นมีระยะการยืดตัวเพิ่มขึ้นตามปริมาณแป้งมันสำปะหลัง และมีค่าสูงสุดเมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังเพิ่มร้อยละ 7.5 ในทุกระดับของเพ็กทิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

4. ลักษณะทางประสาทสัมผัสของแก้วมังกรแผ่นที่ใช้เพ็กทินร้อยละ 0.75 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 2.5 ของน้ำหนักน้ำแก้วมังกร มีคะแนนด้านเนื้อสัมผัสสูงสุดเท่ากับ 5.27 และมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดเท่ากับ และ 5.44 อยู่ในเกณฑ์ชอบค่อนข้างมากถึงมาก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

5. การเก็บรักษาแก้วมังกรแผ่นโดยบรรจุในถุงลามิเนตอลูมิเนียมฟอยด์เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 เดือน ไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์และการตกผลึกของน้ำตาล

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยรามคำแหงที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ ภัทรสรรเพชญ. 2549. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นจากพิวเร่พลับ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิรายุส วรรัตน์โภคา และทวีนุช แฝงฤทธิ์. 2544. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงแผ่น. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, คณะเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

พรศักดิ์ ประสิทธิแพทย์. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุเรียนแผ่น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพ็ชรดา แซ่โง้ว. 2547. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัตนา อัตตปัญโญ, สายลม สัมพันธ์เวชโสภา, อนุวัตร แจ้งชัด ,กอบพัชรกุล เป็นบุญ และผุสดี บูรณะอำนวย. 2550. โครงการพัฒนาผลไม้กวน (ผลไม้แผ่น) เพื่อยกระดับมาตรฐาน และการศึกษาตลาด. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศิริลักษณ์ ปิยพรไพบูรณ์. 2545. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สับปะรดแผ่น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนุวัตร แจ้งชัด, ปนัดดา ตุงสวัสดิ์, อรุณศิริ ธราธรกุล, สุดนารี เหลืองวิลัย และกมลวรรณ แจ้งชัด. 2549. การพัฒนาบ๊วยแผ่นจาก บ๊วยดอง. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44, สาขาอุตสาหกรรมเกษตร สาขาเศรษฐศาสตร์ สาขาบริหารธุรกิจ. หน้า 514-524. กรุงเทพมหานคร.

อนุวัตร แจ้งชัด, นรลักษณ์ รัตนฐิตินันต์ และวัณณิตา จิรังรัตน์. 2550. การพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกหวานแผ่น. ในการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรพิน ชัยประสพ. 2555. การผลิตสีผงจากผลแก้วมังกรพันธุ์สีแดงโดยวิธีการอบแห้งแบบโฟมแมท. รายงานการวิจัยทุนโครงการสนับสนุนการวิจัยขยายผลสู่การปฏิบัติและพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์. ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

AOAC. 1991. Official Methods of Analysis. (15th ed). Washington: The Association of Official Analytical Chemists.

Che-man, Y. B., and Sin, K. K. 1997. Processing and consumer acceptance of fruit leather from the unfertillsed floral part of jack fruit. Journal of the Science of Food and Agriculture, 75: 102-108

Dauthy, M. E. 1995. Fruit and vegetable processing. FAO Agricultural services Bulletin No.119. Available Source: http://www.fao.org.

Demarch, S. M., Quintero Ruiz, N. A., De Michelis, A., and Giner, S. A. 2013. Sorption characteristics of rosehip, apple and tomato pulp formulations as determined by gravimetric and hygrometric methods. LWT Food Science and Technology, 52: 21 – 26.

Hennaman, A., and Malone, N. 1993. Drying fruit leather. Available: http://Lancaster.unl.edu/factsheets.

Huang, X., and Hsieh, F. H. 2005. Physical properties, sensory attributes, and consumer preference of pear fruit leather. Journal of Food Science, 70: 177–186.

Irwandi, J., and Che Man, Y. B. 1995. Durian leather: Development, Properties and Storage Stability. Journal of Food Quality,19: 479-489.

Irwandi, J., Che Man, Y. B., Yusof, S., Jinap, S., and Sugisawa, H. 1998. Effects of type of packaging materials on physicochemical, microbiological and sensory characteristics of durian fruit leather during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 76: 427–434.

Kaushal, M., Sharma, P.C., and Sharma, R. 2013. Formulation and acceptability of foam mat dried seabuckthorn (Hippophae salicifolia) leather. Journal of Food Science and Technology, 50: 78–85.

Maskan, A., Kaya, S., and Maskan, M. 2002. Hot air and sun drying of grape leather (pestil). Journal of Food Engineering, 54: 81-88.

Mir, M. A., and Nath, N. 1995. Sorption Isotherms of Fortified Mango Bars. Journal of Food Engineering, 25: 141-150.

Satyaprakask, R. V., and Roy, S.K. 1980. Studies on dehydration of Mango pulp. Indian Food Packer, 34: 64 - 71.

Sharma, S. K., Chaudhary, S. P., Rao, V .K., Yadav, V. K., and Bisht, T.S. 2013. Standardization of technology for preparation and storage of wild apricot fruit bar. Journal of Food Science and Technology, 50: 784–790.

Tonon, R.V., Brabet, C., and Hubinger, M. D. 2008. Influence of process conditions on the physico chemical properties of acai (Euterpeoleraceae Mart) powder produced by spray drying. Journal of Food Engineering, 88: 411-418.

Vijayanand, P., Yadav, A. R., Balasubramanyam, N., and Narasimham, P. 2000. Storage stability of guava fruit bar prepared using a new process. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 33: 132–137.