

การผลิตเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมรสด้วย เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ

Producing Bubble Dragon Fruit Peel with Pineapple Juice Using Reverse Spherification Technique

สินีนารถ สุขทนารักษ์* ณัฐพล กาจุลศรี สกล สุวรรณทัตพะ และ บุศรา ไวยโกคา
Sineenart Suktanarak*, Nattapong Kajunsri, Sakon Suwantuppa and
Bussara Waiyapoka

หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
Faculty of Science and Technology, Walaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, Pathumthani
e-mail : sineenart@vru.ac.th โทร. 064-3973551

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมรสด้วยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ โดยขั้นตอนแรกจะทำการผลิตน้ำเปลือกแก้วมังกร แล้วนำน้ำสับปะรดมาเสริมลงไป น้ำเปลือกแก้วมังกรในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), ร้อยละ 10, ร้อยละ 20, ร้อยละ 30 และ ร้อยละ 40 ของน้ำหนักน้ำเปลือกแก้วมังกร จากนั้นนำน้ำเปลือกแก้วมังกรที่เสริมรสด้วยน้ำสับปะรดที่ปริมาณต่าง ๆ มาทำการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ โดยใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1.5 ต่อน้ำหนักน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมรสด้วยน้ำสับปะรด และโซเดียมอัลจิเนตที่ร้อยละ 0.5 ต่อน้ำหนักน้ำเปลือกแก้วมังกร ผลการทดลอง พบว่าเมื่อดัดแปลงน้ำเปลือกแก้วมังกรที่เสริมรสด้วยน้ำสับปะรดร้อยละ 20 ได้รับคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด เมื่อนำเม็ดยาลูกน้ำเปลือกแก้วมังกรที่เสริมรสด้วยน้ำสับปะรดที่ปริมาณต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ค่า pH และปริมาณกรดซิตริก พบว่าเม็ดยาลูกน้ำเปลือกแก้วมังกรที่เสริมรสด้วยน้ำสับปะรดร้อยละ 40 มีค่า pH ต่ำสุดอยู่ที่ 3.83 และมีปริมาณกรดซิตริกสูงสุดอยู่ที่ 0.43% สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าสีและค่าความแข็ง (Hardness) พบว่า ปริมาณน้ำสับปะรดที่เสริมเข้าไปในน้ำเม็ดยาลูกน้ำเปลือกแก้วมังกร ส่งผลต่อคุณลักษณะของเม็ดยาลูกน้ำเปลือกแก้วมังกร โดยเม็ดยาลูกน้ำเปลือกแก้วมังกรที่มีค่าความแข็งลดลง แต่ไม่ส่งผลต่อขนาดของเม็ดยาลูกน้ำ เนื่องจากความเป็นกรดจากน้ำสับปะรดส่งผลต่อโครงสร้างภายในของเม็ดยาลูกน้ำ ทำให้มีความแข็งลดลง

คำสำคัญ : เม็ดยาลูกน้ำ การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ น้ำสับปะรด เปลือกแก้วมังกร

Abstract

The purpose of this research was to study the production of bubble dragon fruit peel juice with pineapple juice by reverse spherification technique. The levels of pineapple juice added into bubble dragon fruit peel juice were 0% (control), 10%, 20%, 30% and 40% by weight of peel dragon fruit juice. Bubble dragon fruit peel juice with pineapple juice was developed using reverse spherification technique. For the development of bubble dragon fruit peel juice with pineapple juice, concentrations 1.5% of calcium lactate, and 0.5% of sodium alginate were used in this research. The result showed that the most panelists accepted the bubble dragon fruit peel juice with 20% of pineapple juice. Bubble dragon fruit peel juice with 40% of pineapple juice was low pH (pH = 3.83) and high citric acid (0.43%). The level of pineapple juice added into bubble dragon fruit peel affected the color and hardness of the product but did not statistically significant influence the size of bubble dragon fruit peel juice ($p > 0.05$). The acid level of pineapple juice may affect the internal structure of bubble

dragon fruit peel, resulting in a decrease of hardness.

Keywords : bubble gel, reverse spherification, dragon fruit peel, pineapple juice

1. บทนำ

แก้วมังกรเป็นผลไม้ประเภทอนโคเลเมกเทอริก (Nerd *et al.*, 1999; Chein *et al.*, 2007) ซึ่งนิยมปลูกเพื่อบริโภคกันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ เช่น ฟิลิปปินส์ เวียดนาม มาเลเซีย รวมถึงประเทศไทยด้วย (Matan *et al.*, 2015) เนื่องจากปลูกง่าย ให้ผลผลิตเร็วและคนไทยนิยมกินบริโภค หลังจากการบริโภคแก้วมังกรแล้ว มักมีเศษเหลือทิ้งที่ได้จากการบริโภค นั่นก็คือ เปลือกแก้วมังกร ซึ่งเปลือกแก้วมังกรเป็นแหล่งของเบต้าไซยานินและมีสารแอนโทไซยานินส์ ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมีแอนโทไซยานินส์ 3 ชนิด ได้แก่ cyanidin 3-O-glucoside, cyanidin 3,5-O-glucoside และ pelargonidin 3,5-O-glucoside (Vargas *et al.*, 2013) จากประโยชน์ที่กล่าวมา จะเห็นว่าเปลือกแก้วมังกรมีประโยชน์มากกว่าจะเป็นเศษเหลือทิ้งจากการบริโภค มีงานวิจัยที่นำเปลือกแก้วมังกรมาพัฒนาเป็นส่วนผสมอาหาร (Pichayajittipong, 2013) และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์กัมมี่จากเปลือกแก้วมังกร (Lichanporn *et al.*, 2017) และผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มพร้อมบริโภคจากเปลือกแก้วมังกร (Lichanporn *et al.*, 2018) จากประโยชน์ของเปลือกแก้วมังกรและยังไม่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางด้านอาหารจากเปลือกแก้วมังกรที่หลากหลายมากนัก งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะนำเอาเปลือกแก้วมังกรมาพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีรูปลักษณะแปลกใหม่ และเพิ่มมูลค่าให้แก่เปลือกแก้วมังกร

การขึ้นรูปทรงกลม (Spherification) เป็นเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจทางวิทยาศาสตร์การอาหารมาประยุกต์ใช้ในการประกอบอาหาร ซึ่งลักษณะของอาหารที่ได้จะมีลักษณะเป็นเจลทรงกลมห่อหุ้มสารที่เป็นของเหลวไว้ภายใน โดยจะอาศัยสารโซเดียมอัลจิเนตทำปฏิกิริยากับแคลเซียมแลคเตท ได้เป็นแคลเซียมอัลจิเนต ซึ่งคุณสมบัติของโซเดียมอัลจิเนตเป็นสารคอลลอยด์ สามารถเกิดเจลได้ และไม่มีผลเสียต่อร่างกาย (Pawar & Edgar, 2012) สำหรับกระบวนการขึ้นรูปทรงกลม มี 2 วิธีหลัก คือ การขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน (Basic spherification) และการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse spherification) ข้อจำกัดของการขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน คือ เม็ดเจลทรงกลมที่ได้มีลักษณะตันเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลานาน ในขณะที่เม็ดเจลทรงกลมที่ได้จากการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ เม็ดเจลจะไม่ตันเมื่อปล่อยทิ้งเอาไว้ ในปัจจุบันมีการนำเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น การผลิตทับทิมกรอบ (Dholvitayakhun & Pumpho, 2018), การทำเต้าหู้ (Pumpho, 2015) และการผลิตเม็ดปิดส์น้ำเสาวรส (Kamprawet & Vattanukul, 2018) สำหรับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ นำเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับมาประยุกต์ใช้ในการผลิตเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมรสสับปะรด โดยจะศึกษาปริมาณน้ำสับปะรดที่แตกต่างกัน ที่เสริมลงไปในเม็ดเจLN้ำเปลือกแก้วมังกร ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณกรดที่แตกต่างกัน จากนั้นทำการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ และตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของเม็ดเจลในด้านค่าสี ขนาดและค่าเนื้อสัมผัสของเม็ดเจล

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมน้ำเปลือกแก้วมังกร

ขั้นตอนแรก จะเป็นการเตรียมน้ำเปลือกแก้วมังกร โดยนำเปลือกแก้วมังกรมาล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก แล้วนำไปพาสเจอร์ไรส์ โดยไปต้มกับน้ำเปล่าที่อุณหภูมิ 62-65 องศาเซลเซียส แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่า น้ำหนักเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 60 ต่อน้ำหนักน้ำสะอาด น้ำเปลือกแก้วมังกรมีสีส้มที่สุดใส จึงนำน้ำเปลือกแก้วมังกรที่มีอัตราส่วนเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 60 ต่อน้ำหนักน้ำมาศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเสริมรสสับปะรดลงในน้ำเปลือกแก้วมังกร

2.2 ศึกษาปริมาณน้ำสับปะรดที่เหมาะสมในการเสริมลงในน้ำเปลือกแก้วมังกรต่อการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ

นำน้ำเปลือกแก้วมังกรที่มีอัตราส่วนเปลือกแก้วมังกรร้อยละ 60 ต่อน้ำหนักน้ำ มาศึกษาปริมาณน้ำสับปะรดที่เหมาะสมในการเสริมลงในน้ำเปลือกแก้วมังกร แล้วทำการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ ซึ่งมีวิธีการทำ คือ นำสับปะรดมาล้าง ทำความสะอาด ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้น นำไปคั้นน้ำและกรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำน้ำสับปะรดมาเสริมในน้ำเปลือกแก้วมังกรที่ปริมาณแตกต่างกันเพื่อให้เจลงน้ำเปลือกแก้วมังกรทรงกลมมีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่แตกต่างกัน โดยจะเสริมน้ำสับปะรดลงไปทั้งหมด 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), ร้อยละ 10, ร้อยละ 20, ร้อยละ 30 และร้อยละ 40 ต่อน้ำหนักน้ำเปลือกแก้วมังกร หลังจากนั้น ทำการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 62-65 องศาเซลเซียส ในระหว่างขั้นตอนการพาสเจอร์ไรส์ จะเติมน้ำตาลลงไปลงในน้ำเปลือกแก้วมังกร เพื่อเป็นปรับรสชาติ จนกระทั่งวัดค่าความหวานของน้ำได้ 11 องศาบริกซ์ ($^{\circ}\text{Brix}$) ทำการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ โดยการนำแคลเซียมแลคเตทมาผสมกับน้ำแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรด โดยให้ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1.5 ต่อน้ำหนักน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรด จากนั้นนำไปหยดลงพิมพ์ซิลิโคนทรงกลมซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 เซนติเมตร ซึ่งน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดที่หยดลงไป 1 ช่องพิมพ์ซิลิโคนจะมีปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Dholvitayakhun & Pumpo, 2018) จากนั้น นำน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดออกจากช่องพิมพ์ซิลิโคน แล้วปล่อยลงไปลงในสารละลายไฮเดียมแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ต่อน้ำหนักน้ำสะอาด ทั้งไว้เป็นระยะเวลา 5 นาที น้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดจะเซตตัวเป็นเม็ดเจลงรูปทรงกลม หลังจากนั้นนำเม็ดเจลงทรงกลมของน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมสับปะรดไปล้างน้ำเปล่า เพื่อหยุดการเกิดปฏิกิริยาการเกิดเจล ทำการศึกษาคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) จำนวน 30 คน การทดสอบ 2 ซ้ำ ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ทดสอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

2.3 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมสับปะรด

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมสับปะรด จะทำการวัดโดยที่ยังไม่ทำการขึ้นรูปทรงกลม โดยวัดค่าทางเคมี ได้แก่ การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ด้วยเครื่อง Refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น N-1E, วัดค่า pH ด้วยเครื่องวัด pH ยี่ห้อ MILWAUKEE รุ่น pH55 และการวัดปริมาณกรดซิตริกที่ไทเทรตได้ (AOAC, 1998)

2.4 การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของเม็ดเจลงน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดในรูปแบบทรงกลม

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของเม็ดเจลงน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรด จะทำการตรวจสอบในขณะน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดมีรูปร่างเป็นเม็ดเจลงทรงกลม โดยค่าทางกายภาพที่วัด ได้แก่

2.4.1 การวัดค่าเนื้อสัมผัส

นำเม็ดเจลงน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมสับปะรดทรงกลมที่ได้ จำนวน 10 เม็ด มาวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Satable Micro System รุ่น TA.XT plus โดยใช้หัววัดทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (P/35) โดยปรับความเร็วการเคลื่อนที่ ดังนี้ Pre-test speed 4.00 mm/s, Test speed 20.00 mm/s และ Post-test speed 10.00 mm/s

2.4.2 การวัดค่าสี

นำเม็ดเจลงน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสียี่ห้อ Minolta รุ่น CR-10 Plus ซึ่งวัดค่าดังนี้ ค่าสี L^* (ค่าความสว่าง โดย 0 หมายถึง วัดดูที่มีความสว่างสีดำ ค่า 100 หมายถึง วัดดูที่มีความสว่างสีขาว) ค่าสี a^* (+หมายถึง วัดดูที่มีสีแดง, - หมายถึง วัดดูที่มีสีเขียว) ค่าสี b^* (+ หมายถึง วัดดูที่มีสีเหลือง,

- หมายถึง วัดจุดที่มีสีน้ำเงิน)

2.4.3 การวัดขนาด

การวัดขนาดของเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดจะวัดในรูปแบบหน่วยมิลลิเมตร (mm) โดยการนำเม็ดเจลจำนวน 10 เม็ด มาวัดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ละเม็ดและหาค่าเฉลี่ย สำหรับการวัดจะใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์เป็นอุปกรณ์ในการวัด

2.5 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าทางกายภาพและทางเคมี วางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) ส่วนข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัส จะวางแผนการทดลองแบบ Random Complete Block Design (RCBD) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองมา วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 24

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการเสริมน้ำสับปะรดลงในน้ำเปลือกแก้วมังกรต่อการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ

ผลคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของปริมาณที่เหมาะสมในการเสริมน้ำสับปะรดลงในน้ำเปลือกแก้วมังกรต่อการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ แสดงได้ดังตารางที่ 1 โดยพบว่า ผู้ชิมให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส เม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดที่ร้อยละ 20 มากที่สุด ซึ่งปริมาณการเสริมน้ำสับปะรดที่ร้อยละ 20 มีความแตกต่างกับสูตรสูตรควบคุม (ตารางที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ภาพที่ 1 แสดงเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดที่ร้อยละ 20 จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่า เม็ดเจลมีความเป็นทรงกลม และน้ำสับปะรดที่เสริมเข้าไปส่งผลให้เม็ดเจลมีรสชาติหวานอมเปรี้ยวและมีกลิ่นหอมสับปะรด

ตารางที่ 1 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ปัจจัยคุณภาพ	ปริมาณการเสริมน้ำสับปะรด				
	ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม)	ร้อยละ 10	ร้อยละ 20	ร้อยละ 30	ร้อยละ 40
ลักษณะปรากฏ (ความเป็นทรงกลม) ^{ns}	7.50±1.17	7.54±1.17	7.54±1.21	7.12±1.20	7.41±1.17
สี	6.91±1.19 ^c	7.62±1.19 ^{ab}	7.74±1.03 ^a	7.25±1.24 ^{ab}	7.25±1.01 ^{ab}
กลิ่น	6.34±1.13 ^b	7.14±1.19 ^a	7.40±1.21 ^a	6.94±1.57 ^a	7.17±1.22 ^a
รสชาติ	6.02±1.27 ^c	6.85±1.33 ^b	7.54±1.09 ^a	7.33±1.17 ^a	7.42±1.44 ^a
เนื้อสัมผัส ^{ns}	7.41±0.50	7.31±0.47	7.33±0.59	7.20±0.41	7.27±0.46
ความชอบโดยรวม	6.37±1.00 ^d	7.14±0.94 ^{bc}	7.68±1.02 ^a	7.08±1.17 ^c	7.60±1.03 ^{ab}

หมายเหตุ : ^{a-d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกัน ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 1 เม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดที่ร้อยละ 20

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสแต่ละทริทเมนต์ พบว่า คะแนนความชอบด้านความเป็นทรงกลม (ตารางที่ 1) แต่ละทริทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับขนาดของเม็ดเจล (ตารางที่ 2) ที่วัดโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ เนื่องจากแต่ละทริทเมนต์ใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต และแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้นเท่ากัน ส่งผลทำให้รูปร่างของเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดทรงกลมมีรูปร่างเป็นทรงกลมและมีขนาดใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรด

คุณลักษณะ	ปริมาณการเสริมน้ำสับปะรด				
	ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม)	ร้อยละ 10	ร้อยละ 20	ร้อยละ 30	ร้อยละ 40
pH	7.33±0.05 ^e	5.13±0.05 ^d	4.16±0.05 ^c	3.96±0.05 ^b	3.83±0.05 ^a
ปริมาณกรดซิตริก (%)	0.13±0.01 ^e	0.20±0.01 ^d	0.32±0.11 ^c	0.41±0.05 ^b	0.43±0.12 ^a
ขนาด (mm) ^{ns}	19.90±0.66	20.00±0.84	20.02±0.54	20.20±0.46	20.87±0.57
Hardness (N)	1.47±0.47 ^a	1.12±0.17 ^b	0.98±0.32 ^{bc}	0.80±0.27 ^c	0.73±0.18 ^c
ค่าสี L*	33.64±0.98 ^b	33.38±0.94 ^b	33.95±0.50 ^b	34.31±1.36 ^b	37.36±1.38 ^a
ค่าสี a*	17.63±1.35 ^b	25.05±1.26 ^a	25.67±0.58 ^a	24.35±1.25 ^a	24.26±1.39 ^a
ค่าสี b*	6.89±0.63 ^c	6.14±1.17 ^c	6.08±0.66 ^c	8.30±1.01 ^b	12.18±0.68 ^a

หมายเหตุ : ^{a-e} ค่าเฉลี่ยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ในขณะที่คะแนนความชอบด้านสี (ตารางที่ 1) พบว่า ทริทเมนต์สูตรควบคุมและทริทเมนต์ที่เสริมน้ำสับปะรดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากน้ำสับปะรดมีสีเหลืองและเปลือกแก้วมังกรมีสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับค่าสี (ตารางที่ 2) โดยพบว่าเม็ดเจลน้ำเปลือกแก้วมังกรทริทเมนต์สูตรควบคุมมีค่า a^* น้อยที่สุด เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำสับปะรดมากขึ้นจะส่งผลให้มีค่า b^* มากขึ้น ซึ่งทริทเมนต์สูตรควบคุมและทริทเมนต์ที่เสริมน้ำสับปะรดมีค่า L^* , a^* และ b^* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยยิ่งเพิ่มปริมาณน้ำสับปะรดจะส่งผลให้เม็ดเจลมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้น ทริทเมนต์สูตรควบคุมมีค่า pH อยู่ที่ 7 ในขณะที่เสริมน้ำสับปะรดเพิ่มเข้าไปในน้ำเปลือกแก้วมังกรเพิ่มมากขึ้น ค่า pH จะลดลงมาอยู่ที่ 3-5 เมื่อค่า pH ลดลง จะส่งผลให้ค่า a^* เพิ่มมากขึ้น มีความเป็นสีแดงเข้มเนื่องจากในเปลือกแก้วมังกรมีสารให้สี ซึ่งเป็นสารแอนโทไซยานินส์ โดยสภาวะค่า pH มีผลต่อค่าสีของแอนโทไซยานินส์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องค่า pH มีผลต่อความเข้มข้นและความคงตัวของสารแอนโทไซยานินส์ที่สกัดได้จากข่าโพดสีม่วง (Muangrat *et al.*, 2014) ถ้าอยู่ในสภาวะที่เป็นด่างหรือ pH มากกว่า 7 จะมีสีม่วง ถ้าอยู่ในสภาวะที่เป็นกลางหรือ pH เท่ากับ 7 จะมีสีแดง และถ้าอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดหรือ pH น้อยกว่า 7 จะมีสีแดงเข้ม ส่วนคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 1) พบว่าแต่ละทริทเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องจาก

เม็ดเจลทรงกลมที่ได้จากเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ จะเป็นเม็ดเจลที่ไม่มีลักษณะตันเมื่อปล่อยทิ้งเอาไว้ แต่ค่า Hardness (ตารางที่ 2) พบว่า ทริทเมนต์สูตรควบคุมและทริทเมนต์ที่เสริมน้ำสับปะรดร้อยละ 40 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งการห่อหุ้มให้เกิดการสานโครงสร้างของผนังเซลล์ของเม็ดเจลจะเกิดจากการจับกันระหว่างหมู่ G-blocks ของโซเดียมอัลจิเนตจับกับประจุบวกของสารแคลเซียมแลคเตทเอาไว้ แล้วเกิดเป็นโครงสร้างตาข่ายที่เรียกว่า egg box model จึงส่งผลให้เม็ดเจลดน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดทุกทริทเมนต์มีลักษณะเป็นเม็ดทรงกลม มีเยื่อบาง ๆ ห่อหุ้มน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดเอาไว้ในขณะเดียวกัน เนื้อสัมผัสของเม็ดเจลมีลักษณะอ่อนนุ่มแตกต่างกัน โดยยิ่งเสริมน้ำสับปะรดมากขึ้น ค่า Hardness ของเม็ดเจลก็มีค่าลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากปริมาณน้ำสับปะรดที่เสริมเข้าไป ส่งผลให้เม็ดเจลมีค่า pH ต่ำลง และมีค่าความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งข้อจำกัดของการขึ้นรูปแบบทรงกลม คือ แอลจิเนตไม่สามารถละลายในตัวอย่างอาหารที่มีค่า pH ต่ำได้ ส่งผลทำให้ไม่สามารถขึ้นเป็นรูปทรงกลมได้ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ อาจกล่าวได้ว่าการเสริมน้ำสับปะรดลงในเจลดน้ำเปลือกแก้วมังกรมากขึ้นจนกระทั่งมีค่า pH อยู่ที่ 3.83 และมีค่าความเป็นกรดอยู่ที่ 0.43% แอลจิเนตจึงไม่สามารถละลายและไปสร้างโครงสร้าง egg box model ได้ดีนัก จึงทำให้โครงสร้างของเม็ดเจลดน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดมีค่า Hardness ที่ลดลงแต่ยังสามารถคงรูปเป็นเม็ดทรงกลมได้

4. สรุป

จากการศึกษาการผลิตเจลดน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรด โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับพบว่า เม็ดเจลดน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดที่ร้อยละ 20 ได้คะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุด แต่เมื่อศึกษาปริมาณกรดจากน้ำสับปะรดต่อคุณภาพทางกายภาพ พบว่า ปริมาณกรดจากน้ำสับปะรดไม่ได้ส่งผลกับขนาดของเม็ดเจลดน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมน้ำสับปะรดทรงกลม แต่ปริมาณกรดจะส่งผลกับค่าความแข็งและค่าสีของเม็ดเจล

5. เอกสารอ้างอิง

- Chien, P.J.; Sheu, F. & Lin, H.R. 2007. **Quality assessment of low molecular weight chitosan coating on sliced red pitayas.** Food Engineering. 79: 736-740.
- Dholvitayakhun, A. & Pumpho, P. 2018. **Mock pomegranate seeds dessert (Tab Tim Grob) production using frozen reverse spherification technique.** Food Technology, Siam University. 13(2), 49-59. (in thai)
- Lichanporn. I., Nanthachai. N., Tangnurat. P., & Singkhum, U. 2017. **Development of gummy candies from dragon fruit peel.** In Proceeding of 5th academic science and technology conference. (pp.403-408). Thailand: Bangkok. (in thai)
- Lichanporn. I., Nanthachai. N., Tangnurat. P. & Singkhum, U. 2018. **Effect of dragon fruit extract on physico chemical and sensory characteristics of ready-to-drink beverage.** In Proceeding of 5th academic science and technology conference. (pp. 393-399). Thailand: Bangkok. (in thai)
- Kamprawet, P. & Vattanukul, S. (2018). **Producing Passion Fruit Beads by Reverse Spherification Technique.** Science and Technology. 26(8), 1381-1393. (in thai)
- Matan, N., Puangjinda, K., Phothisuwan, S., & Nisoa, M. 2015. **Combined antibacterial activity of green tea extract with atmospheric radio-frequency plasma against pathogens on fresh-cut dragon fruit.** Food Control. 50, 291-296.

- Muangrat. R., Sakulkaipeera, K., Burakhum. T. & Chomnan, L. 2014. **Factors affecting extraction of anthocyanins from purple corn**. Science and Technology. 22(3), 367-380. (in thai)
- Nerd, A. & Mizrahi, Y. (1999). **The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya**. Postharvest Biology and Technology. 15, 99-105.
- Pawar, S.N. & Edgar, K.J. 2012. **Alginate derivatization: A review of chemistry properties and applications**. Biomaterials. 33(11), 3279-3305.
- Pichayajittipong, P. 2013. **Production and biological properties of food colorants from red dragon fruit (*Hylocercus polyshizus*) Peels**. M.S. thesis, Food Technology, Suranaree University of Technology, Thailand. (in thai)
- Pumpho, W. & Puechkamutr, Y. 2015. **Tofu-ball production from spherification technique using sodium alginate**. In Proceedings of 53rd Kasetsart University Annual Conference: Science, Genetic Engineering, Architecture and Engineering, Agro-Industry, Natural Resources and Environment. (pp. 1050-1057), Thailand: Bangkok. (in thai)
- Vargas, M., Cortez, J., Duch, E., Lizama, A. & Méndez, C. 2013. **Extraction and stability of anthocyanins present in the skin of the dragon fruit (*hylocereus undatus*)**. Food and Nutrition Sciences. 4(12), 1221-1228.

(Received: 18/Jan/2021, Revised: 2/Jun/2021, Accepted: 9/Jun/2021)