

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เม็ดเจลน้ำส้มซ่าทรงกลม

Product Development of Bitter Orange (*Citrus aurantium* L.) Gel Beadสินีนารถ สุขทนารักษ์^{1*} เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา¹ และวัฒนา อัจฉริยะโพธา²Sineenart Suktanarak^{1*}, Benjang Ascharyaphotha¹ and Wattana Ascharyaphotha²¹หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์²หลักสูตรนวัตกรรมชีวผลิตภัณฑ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์¹Home economics Program, Faculty of Science and Technology,
Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage²Bio-Products Innovation Program, Faculty of Science and Technology,
Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage

*E-mail: E-mail : sineenart@vru.ac.th Tel. 0643973551

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตเม็ดเจลน้ำส้มซ่าทรงกลม โดยขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาอัตราส่วนของน้ำส้มซ่าที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ อัตราส่วนน้ำส้มซ่าร้อยละ 15 ร้อยละ 30 และร้อยละ 45 ต่อน้ำหนักน้ำเปล่า ผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนของน้ำส้มซ่าที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ Brix) ค่า pH และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ โดยน้ำส้มซ่าที่มีความเป็นกรดสูง (อัตราส่วนน้ำส้มซ่าที่ร้อยละ 45 ต่อน้ำหนักน้ำเปล่า) เม็ดเจลเกิดการเซตตัวเป็นทรงกลมได้ไม่ดีนัก โดยผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสเม็ดเจลน้ำส้มซ่าทรงกลมในอัตราส่วนน้ำส้มซ่าร้อยละ 30 มากที่สุด เมื่อนำเม็ดเจลน้ำส้มซ่าทรงกลมมาวัดค่าความแข็ง (hardness) และค่าสี พบว่า เม็ดเจลน้ำส้มซ่าทรงกลมมีค่าความแข็งลดลงเมื่อเม็ดเจลมีความเป็นกรดสูง แต่ไม่ส่งผลต่อค่าสี หลังจากนั้นศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตตที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของน้ำส้มซ่าทรงกลมทั้งหมด 3 ระดับ คือ ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตตที่ร้อยละ 0.5 ร้อยละ 1 และร้อยละ 1.5 ผลการทดลองพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่เม็ดเจลน้ำส้มซ่าทรงกลมที่มีความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 มากที่สุด ซึ่งความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตตที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่า hardness ของเม็ดเจลน้ำส้มซ่า โดยยิ่งเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตตมากขึ้น เม็ดเจลมีค่า hardness สูงขึ้น และความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตตไม่ส่งผลต่อค่าสี

คำสำคัญ : น้ำส้มซ่า เม็ดเจล การขึ้นรูปทรงกลม

Abstract

The research aimed was study the production of bitter orange (*Citrus aurantium* L.) gel bead. The ration of bitter orange juice at 3 levels (15%, 30% and 45% by weight of water) was to study in the first step. The results showed that different ratios of bitter orange juice affects the total soluble solid ($^{\circ}$ Brix), pH and tritabile acidity. The pasteurized bitter orange juice with high acidity (bitter orange juice at 45% by weight of water) will be affect spherical setting of bitter orange bubble. Bitter orange bubble can not good into a spherical shape. The most panelists accepted the bitter orange bubble with 30% bitter orange juice. After that, bitter orange bubble was analyzed to determine texture (hardness) and color. The result showed that the acid level affected hardness. Hardness will be decrease when higher acidity. The acid level did not affect color. After that, the concentration of calcium lactate at 3 levels (0.5%, 1% and 1.5%) was to studied for comparsion. The results showed

that most panelists accepted the bitter orange bubble with 0.5% of calcium lactase. Different concentrations of calcium lactase affected the hardness. Hardness will be increase when higher concentration of calcium lactase and concentration of calcium lactase did not affect the color of bitter orange bubble.

Keywords : bitter orange juice, gel bead, spherification

1. บทนำ

ส้มซ่า (*Citrus aurantium* var. *aurantium*) เป็นพืชตระกูลส้ม อยู่ในวงศ์ Rutaceae ลักษณะภายนอกมีลักษณะทรงกลม เปลือกหนา ผิวขรุขระเล็กน้อย รูปลักษณะคล้ายมะกรูดแต่จะมีขนาดใหญ่กว่า โดยส้มซ่าถูกนำมาใช้ในการปรุงอาหารโบราณ เช่น หมี่กรอบ ไส้กรอกปลาเนม เป็นต้น โดยจะนำผิวส้มซ่ามาหั่นฝอยเพื่อโรยหรือผสมลงไปในอาหาร ซึ่งส้มซ่าเป็นพืชโบราณที่ยังไม่ถูกนำมาใช้ในการประกอบอาหารที่หลากหลายนัก แต่เปลือกส้มซ่ามีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ มีงานวิจัยที่ทดลองสกัดกลิ่นจากเปลือกส้มซ่าด้วยตัวทำละลายต่างกัน 2 ชนิด คือ ไดเอทิลอีเทอร์และตัวทำละลายของปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ โดยพบว่าเปลือกส้มซ่ามีสารให้กลิ่น คือ L-Linalool และ Citronella ซึ่งประโยชน์ของการสกัดกลิ่นส้มซ่า คือสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Watcharananant *et al.*, 2020) นอกจากนี้ น้ำคั้นส้มซ่ายังมีคุณประโยชน์ มีงานวิจัยในการศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำคั้นผลส้มซ่า โดยพบว่า น้ำคั้นสดของผลส้มซ่ามีสารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์อยู่ที่ 451.63 mg GAE/gFW และ 260.54 mg/gFW ตามลำดับ (Ascharyaphotha *et al.*, 2021) ซึ่งจากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่า น้ำส้มซ่ามีประโยชน์ แต่ยังขาดงานวิจัยที่นำน้ำคั้นส้มซ่าไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารให้เกิดความหลากหลาย

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงมีแนวคิดนำน้ำส้มซ่าไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร โดยนำน้ำคั้นส้มซ่าไปพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบเม็ดเจลทรงกลมเพื่อไปประยุกต์ใช้รับประทานคู่กับเครื่องดื่มน้ำผลไม้ โดยการขึ้นรูปแบบทรงกลม (Sperification) ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งที่สำคัญปฏิกิริยาไฮเดียมอัลจินเตตทำปฏิกิริยากับแคลเซียมแลคเตท ทำให้อาหารมีลักษณะเป็นเม็ดเจล มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปทรงกลมในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น การผลิตเจลลี่เปลือกแก้วมังกรเสริมรสด้วยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Suktanarak *et al.*, 2021) การผลิตเม็ดบีดส์น้ำเสาวรสด้วยเทคนิครีเวิร์สเฟิรริฟิเคชัน (Kamprawet a & Vatthanakul, 2018) และการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำชาดาวอินคาทรงกลมด้วยเทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม (Suktanarak *et al.*, 2018) เป็นต้น สำหรับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ จะศึกษาอัตราส่วนของน้ำส้มซ่าที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเป็นทรงกลมของเม็ดเจลงาน้ำส้มซ่า และศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตสที่เหมาะสมต่อการเกิดเม็ดเจลงาน้ำส้มซ่า

2. วิธีการทดลอง

2.1 ศึกษาอัตราส่วนของน้ำส้มซ่าที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเป็นทรงกลมของเม็ดเจลงาน้ำส้มซ่า

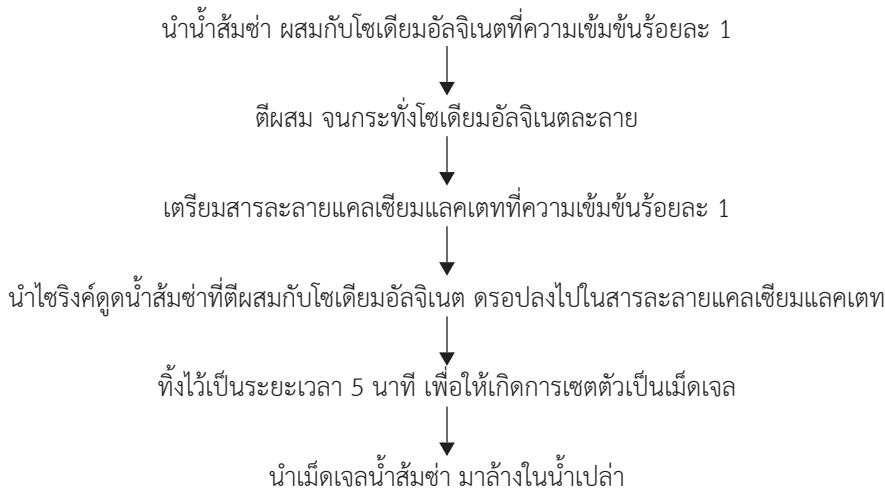
นำผลส้มซ่ามาล้างน้ำ ทำความสะอาดเพื่อนำสิ่งสกปรกออกให้หมด หลังจากนั้นทำการปอกเปลือก คั้นน้ำและกรองด้วยผ้าขาวบาง เตรียมทำน้ำส้มซ่าพาสเจอร์ไรส์ ซึ่งส่วนผสมประกอบไปด้วยน้ำเปล่า น้ำส้มซ่า และน้ำตาลทราย (ตารางที่ 1) ในการทดลองนี้ จะศึกษาอัตราส่วนของน้ำส้มซ่าที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเป็นทรงกลมของเม็ดเจลงาน้ำส้มซ่า จึงทำการปรับปริมาณน้ำส้มซ่าให้แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 15 ร้อยละ 30 และร้อยละ 45 ของน้ำหนักน้ำเปล่า ทำการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 62-65 องศาเซลเซียส

หลังจากนั้น นำส้มซ่าพาสเจอร์ไรส์ที่มีอัตราส่วนของน้ำส้มซ่าที่แตกต่างกัน 3 ระดับ มาขึ้นรูปเป็นเม็ดเจลทรงกลม โดยนำน้ำส้มซ่าทั้ง 3 สูตร (อัตราส่วนน้ำส้มซ่าร้อยละ 15, 30 และ 45) ผสมกับสารไฮเดียมอัลจินเตตที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 ต่อน้ำหนักน้ำส้มซ่าพาสเจอร์ไรส์ ตีผสมกันจนกระทั่งไฮเดียมอัลจินเตตละลายจนหมด ทำการขึ้นรูปเป็นเม็ดเจลทรงกลม โดยการใช้ชริงค์คูดน้ำส้มซ่าพาสเจอร์ไรส์ที่ผสมไฮเดียมอัลจินเตต แล้วลงไปหยดในสาละลายแคลเซียม

แลคเตทที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1 ต่อน้ำหนักน้ำเปล่า ทั้งไว้เป็นระยะเวลา 5 นาที น้ำส้มซ่าจะเซตตัวเป็นเม็ดเจลทรงกลม หลังจากนั้นนำเม็ดเจลส้มซ่าไปล้างด้วยน้ำเปล่า เพื่อเป็นการล้างสารละลายแคลเซียมแลคเตสออกจากเม็ดเจลส้มซ่า

ตารางที่ 1 ส่วนผสมในการทำน้ำส้มซ่าพาสเจอร์ไรส์

วัตถุดิบ	อัตราส่วนของน้ำส้มซ่า (กรัม)		
	ร้อยละ 15 (สูตรที่ 1)	ร้อยละ 30 (สูตรที่ 2)	ร้อยละ 45 (สูตรที่ 3)
น้ำเปล่า	500	500	500
น้ำส้มซ่า	75	150	225
น้ำตาลทราย	65	65	65



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำเม็ดเจLN้ำส้มซ่า

2.2 ศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่เหมาะสมต่อการเกิดเม็ดเจLN้ำส้มซ่า

นำเม็ดเจLN้ำส้มซ่าทรงกลมที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากวิธีทำข้อ 1 มาศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่เหมาะสมต่อการเกิดเม็ดเจLN้ำส้มซ่า โดยในขั้นตอนนี้ จะทำเป็นเม็ดเจLN้ำส้มซ่าเหมือนกับวิธีทำในข้อที่ 1 แต่จะปรับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, ร้อยละ 1 และร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักน้ำเปล่า โดยทุกความเข้มข้นจะแช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทเป็นระยะเวลา 5 นาที แล้วนำมาล้างด้วยน้ำเปล่า ตัวอย่างเม็ดเจLN้ำส้มซ่าจะถูกเก็บไว้ในกล่องลึอกเพื่อเตรียมสำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

2.3 การประเมินคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ทำการประเมินคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเม็ดเจLN้ำส้มซ่ากับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน (Untrained panel) จำนวน 30 คน โดยทดสอบ 2 ซ้ำ ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 จุด (9-Point hedonic scale test) ซึ่งมีคะแนน ดังนี้

- 1 = ไม่ชอบมากที่สุด
- 2 = ไม่ชอบมาก
- 3 = ไม่ชอบปานกลาง
- 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

- 5 = เฉย ๆ
 6 = ชอบเล็กน้อย
 7 = ชอบปานกลาง
 8 = ชอบมาก
 9 = ชอบมากที่สุด

เตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการตวงเม็ดเจลน้ำส้มซ่าให้ได้ 1 ซ้อนชา ต่อ 1 สูตรลงในถ้วยชิม ทดสอบชิมพร้อมกัน 3 สูตร โดยทดสอบคุณลักษณะลักษณะปรากฏ (ความเป็นทรงกลม) สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

2.4 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำส้มซ่าพาสเจอร์ไรส์

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำส้มซ่าพาสเจอร์ไรส์ จะทำการตรวจสอบในขณะที่ยังไม่ถูกขึ้นรูปเป็นเม็ดเจล โดยค่าเคมีที่ทำการตรวจสอบ ได้แก่ การวัดค่า pH ด้วยเครื่องวัด pH ยี่ห้อ MILWAUKAEE รุ่น 55 และการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้โดยใช้เครื่อง Refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น N-1E และการวัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (AOAC, 1998) ซึ่งการวัดทั้งหมดนี้ จะวัดคุณภาพทางเคมีของน้ำส้มซ่าพาสเจอร์ไรส์ที่มีส่วนผสมตามสูตรดังตารางที่ 1

2.5 การวิเคราะห์คุณภาพของเม็ดเจลน้ำส้มซ่า

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นการตรวจสอบในขณะที่ยังไม่ถูกขึ้นรูปเป็นเม็ดเจลน้ำส้มซ่าพาสเจอร์ไรส์ โดยมีการตรวจสอบต่าง ๆ ดังนี้

2.5.1 การวิเคราะห์ค่าสี

นำเม็ดเจลน้ำส้มซ่า มาวัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter รุ่น CR-10 Plus (Minolta, Japan) ซึ่งแสดงผลออกมาดังนี้ ค่าสี L^* หมายถึง ค่าความสว่าง (ดำ = 0, ขาว = 100) ค่า a^* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ สีแดง, - สีเขียว) และค่าสี b^* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ สีเหลือง, - สีน้ำเงิน)

2.5.2 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

นำเม็ดเจลน้ำส้มซ่าจำนวน 10 เม็ด มาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น CT 3 (Brookfield Ametek, USA) โดยใช้หัววัดทรงกระบอก ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 38.1 mm (TA4/1000) ซึ่งมีสภาวะความเร็วของหัววัดที่เคลื่อนที่ขณะทดสอบ คือ 2.0 mm/s ลดลงเป็นระยะทาง 3 mm/s

2.6 การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวัดค่า pH, ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, ค่าสี และค่าเนื้อสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomize design, CRD) ส่วนข้อมูลที่ได้จากการประเมินคุณภาพการยอมรับทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Random Complete Block Design, RCBD) ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลศึกษาอัตราส่วนของน้ำส้มซ่าที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปเป็นทรงกลมของเม็ดเจลน้ำส้มซ่า

จากตารางที่ 2 พบว่า อัตราส่วนของน้ำส้มซ่าที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ Brix) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ โดยยิ่งเพิ่มปริมาณน้ำส้มซ่ามากขึ้น จะส่งผลให้มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และค่า pH ลดลง แต่ปริมาณกรดที่ไทเทรตจะเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจากผลการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส (ตารางที่ 3) พบว่า สูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในด้านความเป็นทรงกลม ด้านสี และด้านความชอบโดยรวม เนื่องจากสูตรที่มีปริมาณน้ำส้มช้ำมากขึ้น ค่าความเป็นกรดสูงขึ้น ส่งผลต่อการขึ้นรูปทรงกลมของเม็ดเจลน้ำส้มช้ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suktanaral *et al.*, (2021) ที่พบว่า การเสริมรสเปรี้ยวไปบนน้ำเปลือกแก้วมังกรมากขึ้น จะส่งผลให้ค่าความเป็นกรดสูงขึ้น ทำให้เม็ดเจลของน้ำเปลือกแก้วมังกรเสริมรสเปรี้ยวมีค่า hardness ลดลง เนื่องจากโครงสร้างของเม็ดเจลทรงกลมเกิดจากการสานโครงสร้างตาข่ายที่เรียกว่า egg box ระหว่างผนังเซลล์โดยการทำปฏิกิริยาของไฮโดรเจนอัลจินเตและแคลเซียมแลคเตท จึงทำให้เม็ดเจลมีลักษณะเป็นทรงกลมห่อหุ้มน้ำเอาไว้ แต่ไฮโดรเจนอัลจินเตไม่สามารถละลายในตัวอย่างอาหารที่มีค่าความเป็นกรดสูงได้ ดังนั้นจึงส่งผลให้โครงสร้างของเม็ดเจลน้ำส้มช้ำทรงกลมสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสน้อยสุด ซึ่งการเกิดโครงสร้าง egg box ที่ไม่แข็งแรง ก็จะส่งผลค่าความแข็ง (hardness) ในตารางที่ 4 ที่พบว่า ทั้ง 3 สูตรมีค่า hardness แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยเม็ดเจลน้ำส้มช้ำทรงกลมที่สูตรที่ 1 มีความแข็งแรงมากที่สุด รองลงมาเป็นสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ตามลำดับ ซึ่งเป็นเพราะปริมาณกรดจากน้ำส้มช้ำส่งผลต่อการเซตตัวเป็นเม็ดเจลทรงกลม

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางเคมีของน้ำส้มช้ำพาสเจอร์ไรส์

ปัจจัยคุณภาพ	อัตราส่วนของน้ำส้มช้ำ		
	ร้อยละ 15 (สูตรที่ 1)	ร้อยละ 30 (สูตรที่ 2)	ร้อยละ 45 (สูตรที่ 3)
ค่า °Bx	15.03 ± 0.11 ^a	14.67 ± 0.58 ^b	14.50 ± 0.17 ^b
ค่า pH	3.98 ± 0.12 ^a	3.87 ± 0.12 ^b	3.71 ± 0.10 ^c
ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (%)	0.30 ± 0.12 ^c	0.38 ± 0.09 ^b	0.43 ± 0.12 ^a

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

เมื่อพิจารณาการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี (ตารางที่ 3) พบว่า ทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลการทดลองไม่สอดคล้องกับค่าสี (ตารางที่ 4) ที่พบว่า การวัดค่าสีด้วยเครื่องมือ นั้นให้ผลการทดลองที่ไม่มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยน้ำส้มช้ำที่คั้นออกมาจะมีเจดสีออกไปทางสีเหลืองชุนเล็กน้อย เมื่อพิจารณาแนวโน้มของค่า b^* ก็พบว่ายิ่งเพิ่มอัตราส่วนน้ำส้มช้ำมากขึ้น ค่า b^* มีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับสีน้ำส้มช้ำที่มีเจดสีเป็นสีเหลืองอ่อน เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติ (ตารางที่ 3) พบว่า ยิ่งเพิ่มอัตราส่วนน้ำส้มช้ำมากขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติสูงขึ้น เนื่องจากน้ำส้มช้ำมีกลิ่นหอมและรสชาติเปรี้ยว และเมื่อพิจารณาผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยภาพรวม พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสภาพรวมของสูตรที่ 2 มากที่สุด จึงคัดเลือกเม็ดเจลน้ำส้มช้ำสูตรที่ 2 ไปศึกษาการทดลองในขั้นต่อไป โดยภาพที่ 2 แสดงเม็ดเจลน้ำส้มช้ำทรงกลมที่มีอัตราส่วนของน้ำส้มช้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่า สูตรที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนน้ำส้มช้ำสูงสุด คือ ร้อยละ 45 จะมีลักษณะออกสีเหลืองชุน และยังเป็นทรงกลมได้ไม่ตึงนัก เมื่อเทียบกับเม็ดเจลน้ำส้มช้ำที่มีอัตราส่วนน้ำส้มช้ำ ร้อยละ 15 จึงส่งผลให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในภาพรวมได้คะแนนน้อยที่สุด

ตารางที่ 3 ผลการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ *เม็ดเจลส้มซ่าทรงกลม* ที่มีอัตราส่วนของน้ำส้มซ่าที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

ปัจจัยคุณภาพ	อัตราส่วนของน้ำส้มซ่า		
	ร้อยละ 15 (สูตรที่ 1)	ร้อยละ 30 (สูตรที่ 2)	ร้อยละ 45 (สูตรที่ 3)
ความเป็นทรงกลม	8.59 ± 1.26^a	7.97 ± 1.40^a	6.48 ± 1.32^b
สี	8.69 ± 1.10^a	7.82 ± 1.25^b	6.93 ± 1.41^c
กลิ่น	6.90 ± 1.42^b	7.62 ± 1.04^a	7.34 ± 1.65^{ab}
รสชาติ	6.76 ± 1.29^b	7.59 ± 1.23^a	7.03 ± 1.97^{ab}
เนื้อสัมผัส ^{ns}	7.97 ± 1.23	7.93 ± 1.03	7.79 ± 1.49
ความชอบโดยรวม	8.21 ± 0.97^a	8.00 ± 0.96^a	7.31 ± 1.06^b

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

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

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของของผลิตภัณฑ์ *เม็ดเจลส้มซ่าทรงกลม* ที่มีอัตราส่วนของน้ำส้มซ่าที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

ปัจจัยคุณภาพ	อัตราส่วนของน้ำส้มซ่า		
	ร้อยละ 15 (สูตรที่ 1)	ร้อยละ 30 (สูตรที่ 2)	ร้อยละ 45 (สูตรที่ 3)
ค่าสี L ^{*ns}	29.67 ± 0.39	29.36 ± 0.26	29.84 ± 0.06
ค่าสี a ^{*ns}	-0.54 ± 0.03	-0.75 ± 0.08	-0.74 ± 0.15
ค่าสี b ^{*ns}	-1.10 ± 0.23	-1.67 ± 0.22	-1.70 ± 0.45
ค่าความแข็ง (g)	106 ± 2.51^a	97.66 ± 4.35^b	37.33 ± 2.08^c

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

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



ร้อยละ 15
(สูตรที่ 1)



ร้อยละ 30
(สูตรที่ 2)



ร้อยละ 45
(สูตรที่ 3)

ภาพที่ 2 แสดงเม็ดเจLN้ำส้มซ่าทรงกลมที่มีอัตราส่วนของน้ำส้มซ่าที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

3.2 ผลการศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของน้ำส้มซ่าทรงกลม

นำเม็ดเจLN้ำส้มซ่าที่มีอัตราส่วนของน้ำส้มซ่าที่ร้อยละ 30 ที่ได้จากการผลการทดลองในหัวข้อที่แล้ว มาศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่เหมาะสมต่อการเกิดเจLN้ำส้มซ่าทรงกลม โดยศึกษาการใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกันต่อน้ำส้มซ่าที่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.5, ร้อยละ 1 และร้อยละ 1.5 ซึ่งผลการทดลองการยอมรับทางประสาทสัมผัสของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของน้ำส้มซ่าทรงกลมแสดงได้ดังตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าเม็ดเจLN้ำส้มซ่าที่มีความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมแลคเตททั้ง 3 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม แต่แนวโน้มภาพรวมของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความเป็นทรงกลม และเนื้อสัมผัส มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตทเพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาค่าเนื้อสัมผัส (ความแข็ง) จากตารางที่ 6 พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตทมากขึ้น เม็ดเจลมีความแข็งมากขึ้น นั่นอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส ลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตทถึงร้อยละ 1.5 การที่เม็ดเจลอาน้ำส้มช้ำทรงกลมก็มีความแข็งมากขึ้นตามความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการผลิตเม็ดบีดส์น้ำเสาวรสด้วยเทคนิครีเวิร์สเฟิรฟิเคชัน (Kamprawet & Vatthanakul, 2018) ที่พบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่มากขึ้น มีผลต่อค่าความแข็งของเม็ดบีดส์น้ำเสาวรส โดยเม็ดบีดส์น้ำเสาวรสมีความแข็งมากขึ้น เนื่องจากขั้นตอนการเกิดเจลทรงกลม ผนังเซลล์จะสานโครงสร้างโดยการจับกันระหว่างโซเดียมแอลจีเนตและแคลเซียมแลคเตท โดยแคลเซียมแลคเตทเป็นสารที่มีประจุบวก ซึ่งในขั้นตอนการจับตัวกัน อาจมีโครงสร้างโซเดียมแอลจีเนตจับกับประจุบวกของแคลเซียมแลคเตทไม่สมบูรณ์ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทมากขึ้น เป็นการเพิ่มประจุบวกเข้าไปในปฏิกิริยา ทำให้เกิดการจับตัวกันกับโซเดียมแอลจีเนตได้อย่างสมบูรณ์ขึ้น เม็ดเจลอาน้ำส้มช้ำจึงมีค่า hardness สูงขึ้นตามความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท แต่ถ้าโซเดียมแอลจีเนตจับตัวกับแคลเซียมแลคเตทได้อย่างสมบูรณ์และเพียงพอแล้ว การเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท จะไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งของเม็ดเจล (Mohamed et al., 2014) ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยภาพรวม พบว่า ที่ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 0.5 ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตทมากขึ้น แนวโน้มที่ผู้ทดสอบจะให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลง

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การยอมรับประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เม็ดเจลอาน้ำส้มช้ำทรงกลม ที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

ปัจจัยคุณภาพ	ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตท		
	ร้อยละ 0.5	ร้อยละ 1	ร้อยละ 1.5
ความเป็นทรงกลม	8.57 ± 0.66^a	7.21 ± 1.05^b	6.36 ± 0.74^c
สี ^{ns}	7.86 ± 0.53	7.64 ± 0.74	7.86 ± 0.66
กลิ่น ^{ns}	7.93 ± 0.61	7.79 ± 1.18	8.14 ± 0.77
รสชาติ ^{ns}	7.85 ± 0.95	8.28 ± 1.07	8.00 ± 0.68
เนื้อสัมผัส	7.92 ± 0.99^{ab}	8.64 ± 0.92^a	7.21 ± 1.37^b
ความชอบโดยรวม ^{ns}	7.92 ± 0.83	8.21 ± 1.05	7.85 ± 1.03

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

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

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของเม็ดเจลอาน้ำส้มช้ำทรงกลมที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ไม่มีผลต่อค่าสี (L^* , a^* และ b^*) แต่มีผลต่อค่าความแข็ง ภาพที่ 3 แสดงเม็ดเจลอาน้ำส้มช้ำทรงกลมที่มีความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 0.5 จากภาพ จะเห็นได้ว่า เม็ดเจลอาน้ำส้มช้ำทรงกลม มีสีของสีน้ำส้มช้ำ และมีรูปลักษณะเป็นทรงกลม

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของเม็ดเจลน้ำส้มซ่าทรงกลมมีอัตราส่วนของความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตสที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

ปัจจัยคุณภาพ	ความเข้มข้นสารละลายแคลเซียมแลคเตส		
	ร้อยละ 0.5	ร้อยละ 1	ร้อยละ 1.5
ค่าสี L ^{ns}	29.44 ± 0.21	29.23 ± 0.12	29.48 ± 0.90
ค่าสี a ^{ns}	-0.58 ± 0.79	-0.65 ± 0.13	-0.71 ± 0.14
ค่าสี b ^{ns}	-1.61 ± 0.17	-1.44 ± 0.50	-1.67 ± 0.28
ค่าความแข็ง (g)	37.33 ± 2.08 ^c	56.75 ± 2.08 ^b	253 ± 3.52 ^a

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

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



ภาพที่ 3 แสดงเม็ดเจลน้ำส้มซ่าทรงกลมที่มีความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตสที่ร้อยละ 0.5

4. สรุป

จากการทดลองการพัฒนาเม็ดเจลน้ำส้มซ่าทรงกลม พบว่า ปริมาณกรดจากน้ำส้มซ่า ส่งผลต่อการเซตตัวเป็นทรงกลมของเม็ดเจลน้ำส้มซ่า โดยเม็ดเจลจะเซตตัวเป็นทรงกลมได้ไม่ตื้นักในสูตรที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนน้ำส้มซ่าอยู่ที่ร้อยละ 45 ต่อน้ำหนักรสเปร้า เนื่องจากไฮเดียมอัลจินตมีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถละลายในตัวอย่างอาหารที่มีค่าความเป็นกรดได้ตื้นัก โดยสูตรที่ 2 ซึ่งมีอัตราส่วนน้ำส้มซ่าร้อยละ 30 ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด ซึ่งมีค่า pH เท่ากับ 3.87 และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เท่ากับ 0.38 เมื่อศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตสที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของน้ำส้มซ่าทรงกลม พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตสส่งผลต่อความความแข็งของเม็ดเจลน้ำส้มซ่า แต่ไม่ส่งผลต่อค่าสีของเม็ดเจล โดยยิ่งเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตสมากขึ้น เม็ดเจลมีความแข็งมากขึ้น โดยความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมแลคเตสที่ร้อยละ 0.5 เม็ดเจลน้ำส้มซ่าได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนวิจัยในการทดลองปีงบประมาณ 2563

6. เอกสารอ้างอิง

- AOAC. (1998). **Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed. Washington D.C. : Virginia. AOAC, Inc.
- Ascharyaphotha, w., Suktanarak, s. & Ascharyaphotha, B. (2021). Preliminary study on antioxidant in bitter orange (*Citrus aurantium* L.) juice cultivates in green farm at Khlong Ha subdistrict, Khlong Luang district, Pathum Thani province. **Agricultural Science Journal**, 52(1): 205-208.
- Kampeawet, P. & Vattanakul, S. (2018). Producing Passion Fruit Beads by Reverse Spherification Technique. **Thai Science and Technology Journal**, 26(8): 1381-1393.
- Mohamed S. Mohy Eldin, Elbadawy A. Kamoun, Mamdouh A. Sofan, Smaher M. Elbayomi. (2015). L-Arginine grafted alginate hydrogel beads: A novel pH-sensitive system for specific protein delivery. **Arabian Journal of Chemistry**, 8: 355-365.
- Suktanarak, S., Ruksian, S., Poolrit W. & Khramkiew, N. (2018). **Development of Sacga Inchi Tea usinf Spherification Technique**. In Proceeding of Academics Science & Technology Conference (pp. AS-357-AS-361). Samut Prakan: Huachiew Chalermprakiet University.
- Suktanarak, s., Kanjunsri, N., Suwantuppa, s. & Waiyapoka, B. (2021). Producing bubble dragon fruit peel with juice using reverse spherification tecqnique. **Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal**, 14(1): 25-31.
- Watcharananant, W., Puttongsiri, T. & Huangrak, K. (2020). Aroma compounds in *Citrus aurantium* var. aurantium peel from different extraction methods. **King Mongkut's Agricultural Journal**, 38(1); 16-23.

(Received: 7/Sep/2023, Revised: 13/Dec/2023, Accepted: 20/Dec/2022)