

การผลิตเม็ดบีดส์ซอสมะม่วงโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม

อัศพงษ์ อุประวรรณา^{1*} ชนันภรณ์ ทองโรจน์² จรรยา โทะนาบุตร³

Received : October 27, 2021

Revised : December 24, 2021

Accepted : December 28, 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและพัฒนาสูตรซอสมะม่วงเป็นเม็ดบีดส์ด้วยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม โดยการวางแผนการทดลองแบบผสม พบว่า สูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็นเม็ดบีดส์ซอสมะม่วง คือ อัตราส่วนระหว่าง มะม่วง:น้ำตาล:น้ำมะนาว เท่ากับ 6:3:1 เมื่อนำสูตรที่เหมาะสมมาพัฒนาเป็นเม็ดบีดส์ซอสมะม่วงโดยใช้โซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1, 1.5 และ 2 พบว่า เม็ดบีดส์ที่ผลิตจากโซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดซึ่งอยู่ในระดับชอบมาก (7.45) และยังพบว่าอัตราส่วนของส่วนผสมส่งผลต่อค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองของเม็ดบีดส์ เมื่อเก็บรักษาตัวอย่างเป็นเวลา 8 วัน ที่อุณหภูมิ 3 ± 1 องศาเซลเซียส พบว่า ตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยา (Total plate count) ระหว่างการเก็บรักษา (< 25 CFU/กรัม) และเมื่อนำเม็ดบีดส์ซอสมะม่วงไปทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อผู้บริโภคจำนวน 200 คน พบว่า ได้รับคะแนนความชอบอยู่ระหว่างชอบชอบปานกลาง-ชอบมาก (6.77, 6.81, 7.61, 6.88 และ 7.39 คะแนนสำหรับคุณลักษณะด้าน-สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารไทยที่ให้ความเห็นว่าการผลิตเม็ดบีดส์ซอสมะม่วงเพื่อประยุกต์ใช้เสิร์ฟข้าวเหนียวมูนสามารถสร้างความน่าสนใจ แปลกใหม่ และทดแทนการใช้เนื้อมะม่วงปกติได้ในกรณีที่มะม่วงมีราคาสูงและ/หรือต้องการการนำเสนออาหารด้วยความแปลกใหม่

คำสำคัญ: การขึ้นรูปทรงกลม โซเดียมอัลจิเนต มะม่วง เม็ดบีดส์

¹อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษาตั้งลำปาง จังหวัดลำปาง อีเมล: utsaphong.u@gmail.com

²นักวิจัย สถาบันนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา อีเมล: chananbhorn.t@gmail.com

³อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษาตั้งลำปาง จังหวัดลำปาง อีเมล: janya_tho@outlook.com

* ผู้มีพันธหลัก อีเมล: utsaphong.u@gmail.com

PRODUCING MANGO SAUCE BEADS BY SPHERIFICATION TECHNIQUE

Utsaphong Uprarawanna^{1*} Chananbhorn Thongrote² Janya Thonabut³**Abstract**

This study aimed to study and develop mango sauce beads using spherification technique with Mixture Design experiment. The result revealed that the optimum recipe for developing mango sauce beads was 6:3:1 (w/w) of mango: sugar: lime juice respectively. When study effect of Sodium alginate concentration (0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 % by weight), it was found that 0.5 % sodium alginate mango sauce beads had the highest score of satisfaction (7.45 scores) and the ingredient ratio of different mango sauces had effects on color (lightness, redness and yellowness) values. When storing sodium alginate mango sauce beads for 8 days in temperature of 5±2 degree Celsius, of it could be found that phenolic compounds and antioxidant capacity were decreased significantly ($p \leq 0.05$) whereas, total microbial count did not changed (<25 CFU/g). The result of sensory evaluation by 200 consumers showed that the caviar had the moderate to highest score of satisfaction (6.77, 6.81, 7.61, 6.88 and 7.39 scores for color, flavor, taste, texture and overall, respectively) which corresponds to Thai food exports who commented that the mango sauce beats served with sweet sticky rice (Kaw-neaw-moon) can be interesting, exotic and can be used to replace regular mangoes in case mango prices soar or to present the food in exotic way and/or for food presentation.

Keywords: Spherification, Sodium alginate, Mango, Beads

¹ Lecturer of division of Culinary Technology and Service, School of Culinary Arts, Suan Dusit University, Lampang Center, e-mail: utsaphong.u@gmail.com

² Researcher of Innovation and Technology Transfer Institute, University of Phayao, Phayao, e-mail: Chananbhorn.t@gmail.com

³ Lecturer of division of Culinary Technology and Service, School of Culinary Arts, Suan Dusit University, Lampang Center, e-mail: janya_tho@outlook.com

* Corresponding author, e-mail: utsaphong.u@gmail.com

บทนำ

มะม่วงเป็นผลไม้เขตร้อนที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทย เป็นที่ยอมรับของนานาชาติและมีการส่งออกเป็นลำดับต้นๆ ของโลก (Ledeker et al., 2014) อีกทั้งมีคุณค่าทางโภชนาการ และสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่มีประโยชน์ (Dar et al., 2016; Oliveira et al., 2016; Salinas-Roca et al., 2016; Sogi et al., 2015) เช่น โพลีฟีนอล ซึ่งจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีคุณสมบัติต้านการอักเสบ (Anti-inflammatory) และต้านสารก่อมะเร็ง (Anti-carcinogenic) เป็นต้น (Kuria et al., 2021) โดยสารประกอบฟีนอลิกที่พบในมะม่วง ได้แก่ แมนกิเฟอริน (Mangiferin) กรดคาเฟอิก (caffeic acid) กรดแกลลิก (Gallic acid) และแทนนิน (tannin) เป็นต้น (Abdalla et al., 2007) ซึ่งมีงานวิจัยหลายชิ้น กล่าวว่า สารประกอบฟีนอลิกมีฤทธิ์ช่วยต้านการเกิดมะเร็งได้ (Fernández-Arroyo et al., 2012; Taamalli et al., 2012; Vuong et al., 2014) นอกจากนี้ในมะม่วงยังมีเพคติน ซึ่งเป็นใยอาหาร ร้อยละ 0.4-0.5 ของน้ำหนักสด โดยมีคุณสมบัติพิเศษคือเมื่อรวมตัวกับน้ำตาลและกรดในปริมาณที่เหมาะสม เกิดเป็นเจล (Kermani et al., 2015) มะม่วงสามารถรับประทานได้ทั้งผลสุกและดิบ มะม่วงสุกจะเก็บรักษาในรูปผลสดได้ยาก เพราะจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมี (Labaky et al., 2020; Li et al., 2014; Chongchatuporn et al., 2013) การเก็บรักษามะม่วงสุกในรูปแบบแช่เยือกแข็งและพูเร (Puree) นิยมใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษา แต่วิธีการเก็บรักษาทั้ง 2 วิธีจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส การแปรรูปมะม่วงสุกให้มีความหลากหลายมากขึ้นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษา และเพิ่มมูลค่าของสินค้าในตลาดได้

ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อปรับปรุงและเพิ่มความน่าสนใจให้กับผลิตภัณฑ์ โดยนำหลักการโมเลกุลาร์แกสโตรมี (Molecular gastronomy) (Tsai et al. 2017; Aguilera, 2012; Baldwin, 2012; Lane, 2013; Lightner & Rand, 2014; Rognså et al., 2014; Vega & Ubbink, 2008) และการขึ้นรูปทรงกลม (Spherification) เป็นส่วนหนึ่งของเทคนิคโมเลกุลาร์แกสโตรมี ซึ่งเป็นเทคนิคในการสร้างชั้นที่กินได้ (Edible membrane) ห่อหุ้มของเหลวไว้ข้างในด้วยการทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างไฮโดรคอลลอยด์ที่สกัดจากสาหร่าย เรียกว่า อัลจิเนต และสารละลายแคลเซียม (Comaposada et al., 2015) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีขนาดหลากหลายขึ้นอยู่กับขั้นตอนการผลิต

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจพัฒนาเม็ดปิดส์จากมะม่วง ซึ่งสามารถใช้มะม่วงแช่เยือกแข็งและพูเรมะม่วง (Mango puree) น้ำดอกไม้แช่เยือกแข็งเป็นวัตถุดิบ รวมถึงศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบทางการเกษตร และได้ประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้กับอาหารจานหวานของไทยโดยนำเม็ดปิดส์ที่ได้ไปใช้ทดแทนเนื้อมะม่วงในข้าวเหนียวมะม่วง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาและพัฒนาซอสมะม่วง (2) ศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดบีดส์ซอสมะม่วง (3) การวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และประสาทสัมผัส และ (4) ประยุกต์ใช้เม็ดบีดส์ซอสมะม่วงที่พัฒนาขึ้นกับผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวมูนเพื่อทดแทนเนื้อมะม่วงแบบเดิม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การพัฒนาสูตรซอสมะม่วงเพื่อใช้ในการผลิตเม็ดบีดส์

วางแผนทดลองแบบผสม (Mixture design) โดยกำหนดสัดส่วนของซอสมะม่วง คือ เนื้อมะม่วง ร้อยละ 60 ถึง 80 น้ำมะนาว ร้อยละ 10 ถึง 30 และน้ำตาล ร้อยละ 10 ถึง 30 โดยน้ำหนัก (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สูตรซอสมะม่วงจากการวางแผนการทดลองแบบผสม

สูตรที่	ปริมาณส่วนผสม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
	มะม่วง	น้ำตาล	น้ำมะนาว
1	60	30	10
2	60	10	30
3	80	10	10
4	70	15	15

นำสูตรที่ได้จากการวางแผนการทดลองแบบผสม ไปผลิตเป็นซอสมะม่วง โดยนำส่วนผสมทั้งหมด มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นปั่นด้วยเครื่องปั่นอเนกประสงค์ (HR2221, PHILIPS, ประเทศไทย) แล้วกรองผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร พักให้เย็น นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าสี (CIE-Lab) (Minolta chroma meter, CR-300, Japan) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (AOAC, 2000) และทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 50 คน โดยประเมินคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด)

2. การศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดบีดส์ซอสมะม่วง

นำสูตรซอสมะม่วงที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด มาศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดบีดส์ซอสมะม่วง โดยเติมโซเดียมอัลจีเนต (Food grade, ยูเนียนชาयน์, ประเทศไทย) ในซอสมะม่วง ร้อยละ 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 โดยน้ำหนัก พักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 3 ± 1 องศาเซลเซียส และเตรียมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (Food grade, ยูเนียนชาयน์, ประเทศไทย) ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร จากนั้นนำซอสมะม่วงที่เตรียมไว้ (ยกเว้นชุดควบคุม) หยดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แช่เม็ดบีดส์ที่ได้ในสารละลายดังกล่าวเป็นเวลา 100 วินาที ตักขึ้นมาล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ วัดขนาดของเม็ดบีดส์กึ่งกลางของเม็ดบีดส์โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Calipers)

(AACC, 1977) ชั่งน้ำหนักครั้งละ 100 เม็ดด้วยเครื่องชั่ง (AACC, 1977) วัดค่าสี (CIE Lab) (Minolta chroma meter, CR-300, Japan) วัดเนื้อสัมผัสหัตถ์ P/50 กดลงครั้งที่ 1 ด้วยความเร็ว 1.0 mm/s และกดลงครั้งที่ 2 ด้วยความเร็ว 10.0 mm/s ด้วยแรงกด 5 กรัม และแรงเค้นร้อย 95 (Texture analyzer, รุ่น TA-XT plus, USA) บันทึกค่าความแน่นเนื้อและความคืนตัว วัดค่าความเป็นกรด-เบสของเม็ดบีดส์ (AOAC, 2000) และทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 50 คน โดยประเมินคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด)

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบของเม็ดบีดส์ซอสมะม่วง

นำเม็ดบีดส์ซอสมะม่วงที่คัดเลือกจากตอนที่ 2 ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 ± 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0, 2, 4, 6 และ 8 วัน จากนั้นนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ขนาดของเม็ดบีดส์มะม่วง โดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Calipers) (AACC, 1977) ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง (AACC, 1977) วัดค่าสี (CIE Lab) (Minolta chroma meter, รุ่น CR-300, ญี่ปุ่น) สมบัติทางเคมี ซึ่งวิเคราะห์คุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยวิธี Folin-Denis reagent (AOAC, 2000) และ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay (Brand-Williams et al., 1995) วัดค่าความเป็นกรด-เบสของเม็ดบีดส์ (AOAC, 2000) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000) และทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบจำนวน 50 คน โดยประเมินคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด)

4. ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคและผู้เชี่ยวชาญต่อเม็ดบีดส์ซอสมะม่วงโดยการจัดเสิร์ฟกับข้าวเหนียวมูน

ทำการจัดเม็ดบีดส์ซอสมะม่วงที่ผลิตได้กับข้าวเหนียวมูน นำตัวอย่างที่ได้ไปทดสอบทางสัมผัสของผู้บริโภคจำนวน 200 คน โดยประเมินคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด)

ทำการจัดเตรียมเม็ดบีดส์ซอสมะม่วงที่ผลิตได้กับข้าวเหนียวมูน นำตัวอย่างที่ได้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารไทยจำนวน 10 คน ที่มีประสบการณ์ด้านอาหารไทยขนมไทย และการจัดตกแต่งอาหาร (Food Stylist) ทั้งในและต่างประเทศรวมไม่ต่ำกว่า 10 ปี โดยประเมินคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomized design - CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) และการทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized complete block design - RCBD) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows เวอร์ชัน 19 (International Business Machines-IBM, USA)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การพัฒนาสูตรขอสมะม่วงเพื่อใช้ในการทำเม็ดบีดส์ขอสมะม่วง

จากการวางแผนการทดลองแบบผสม โดยกำหนดอัตราส่วนวัตถุดิบหลักในการผลิตขอสมะม่วงคือ เนื้อมะม่วงร้อยละ 60 ถึง 80 น้ำมะนาวร้อยละ 10 ถึง 30 และน้ำตาลร้อยละ 10 ถึง 30 โดยน้ำหนัก และเมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าสี (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของส่วนผสมทั้ง 3 ชนิด คือ มะม่วง น้ำตาลและน้ำมะนาว ส่งผลต่อค่าความสว่าง (L^*) และความเป็นสีแดง (a^*) แต่ไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของขอสมะม่วงเนื่องจากในมะม่วงจะมีสารประกอบฟีนอลิกซึ่งจะทำปฏิกิริยากับเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสและออกซิเจนทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ แต่ในตัวอย่างขอสที่มีปริมาณน้ำมะนาวสูงขึ้นจะส่งผลโดยตรงให้ค่าความเป็นกรด-เบสลดลงส่งผลในการช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในขอสมะม่วงที่จะส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) สูงกว่า และลดค่าความเป็นสีแดง (a^*) ดังแสดงในตารางที่ 2 เพราะน้ำมะนาวมีความเป็นกรดสูงค่าความเป็นกรด-เบสจึงลดลงจนไม่เหมาะกับการทำงานของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase enzyme) ที่ก่อให้เกิดสีน้ำตาลที่เป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้ค่าความสว่างลดลงและเพิ่มค่าความเป็นสีแดง (Teribia et al., 2021) แต่เมื่อเปรียบเทียบสูตรที่มีเนื้อมะม่วงเท่ากัน พบว่า ปริมาณน้ำมะนาวที่มากกว่าจะมีค่าความสว่างสูงกว่าและค่าสีแดงน้อยกว่าเพราะกรดจากน้ำมะนาวช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอล ซึ่งส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (Shukla et al., 2000; Sommano et al., 2020) ลดการเกิดปฏิกิริยาเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ได้ (นิธิยา รัตนานนท์, 2549)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 3) พบว่า ขอสมะม่วงสูตรที่ 1 ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างมะม่วง:น้ำตาล:น้ำมะนาว ในอัตราส่วนเท่ากับ 60:30:10 ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดในด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก

ตารางที่ 2 ค่าสีและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของขอสมะม่วง

สูตร (มะม่วง:น้ำตาล:น้ำมะนาว)	ค่าสี			pH
	L^*	a^*	b^{*ns}	
สูตรที่ 1 (60:30:10)	17.11 ^b ±0.64	11.79 ^b ±0.29	30.92±0.37	2.98 ^b ±0.01
สูตรที่ 2 (60:10:30)	26.06 ^a ±1.03	9.20 ^c ±0.58	31.80±0.06	2.58 ^d ±0.02
สูตรที่ 3 (80:10:10)	13.82 ^c ±1.11	13.22 ^a ±1.03	31.09±0.35	3.07 ^a ±0.02
สูตรที่ 4 (70:15:15)	24.29 ^a ±1.01	9.61 ^c ±0.04	31.10±0.34	2.88 ^c ±0.01

หมายเหตุ ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบของซอสมะม่วง

สูตร (มะม่วง : น้ำตาล : น้ำมะนาว)	คุณลักษณะของซอสมะม่วง (n = 50)			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบ โดยรวม
สูตรที่ 1 (60:30:10)	7.05 ^a ±.94	7.05 ^a ±1.00	7.35 ^a ±1.04	7.45 ^a ±1.10
สูตรที่ 2 (60:10:30)	6.10 ^b ±1.17	6.30 ^{ab} ±1.69	6.8 ^{ab} ±1.99	6.55 ^{ab} ±1.79
สูตรที่ 3 (80:10:10)	6.85 ^a ±1.14	6.00 ^a ±1.56	5.75 ^b ±2.12	6.05 ^b ±1.79
สูตรที่ 4 (70:15:15)	6.90 ^a ±1.07	6.05 ^{ab} ±1.57	5.85 ^{ab} ±1.96	5.95 ^b ±1.85

หมายเหตุ ^{a,b} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2. สภาพที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดบีดส์ซอสมะม่วง

ผลการศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดบีดส์ซอสมะม่วง (ตารางที่ 4) พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตทำให้น้ำหนัก ขนาด ความแน่นเนื้อ การคืนตัว และความสว่าง (L*) ของเม็ดบีดส์เพิ่มมากขึ้น จากรายงานของ Rhim (2004) กล่าวว่า การประสานกัน (Crosslink) เป็นโครงสร้างร่างแหระหว่างโพลีเมอร์ของอัลจิเนต 2 สายร่วมกับแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) มีโครงสร้างคล้ายกล่องไข่ (Egg box) โดยมี Ca^{2+} เกาะอยู่กับประจุลบของหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) บนโพลีเมอร์ของอัลจิเนต (Hu at al., 2021; Uprarawanna et al., 2021) ทำให้เกิดเจลใส และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อัจฉรา ดลวิทยาคุณ และวรรณวิมล พุ่มโพธิ์ (2561) พบว่า เมื่อความเข้มข้นของอัลจิเนตและแคลเซียมไอออนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนาของแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีรายงานของพัชรี คำประเวช และสุธีรา วัฒนกุล (2561) ซึ่งพบว่า ค่าความแข็งของเม็ดบีดส์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทและระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น ประกอบกลเนื้อมะม่วงมีสารแพคตินที่มีคุณสมบัติการเกิดเจลและสามารถรวมกับอัลจิเนต เมื่อมีความเข้มข้นสูงเกินไปจะทำให้เนื้อสัมผัสแข็ง ยังส่งผลต่อการปลดปล่อยรสชาติ และทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Lupo et al., 2015)

ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของคาร์เวียร์มะม่วง

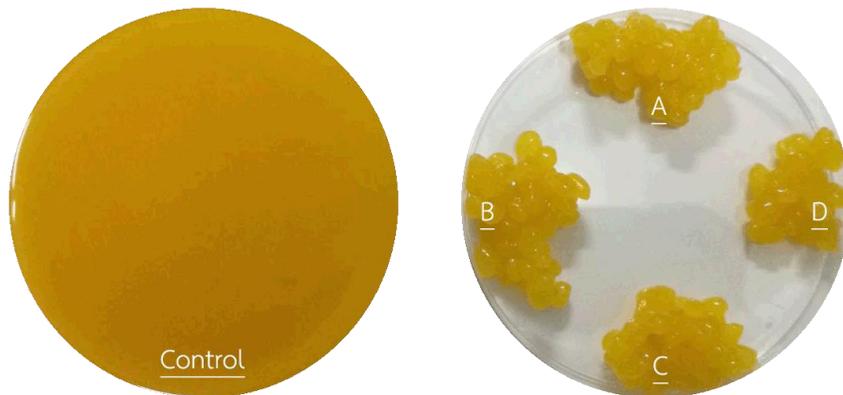
ลักษณะ	ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตที่ใช้ผลิตเม็ดบีดส์มะม่วง (ร้อยละ)				
	0	0.5	1	1.5	2
น้ำหนัก (กรัมต่อ 100 เม็ด)	-	6.84 ^d ±0.55	7.59 ^c ±0.76	7.70 ^b ±0.47	8.21 ^a ±0.82
ขนาด (มิลลิเมตร)	-	4.69 ^c ±0.14	5.07 ^b ±0.03	5.05 ^b ±0.02	5.25 ^a ±0.08
เนื้อสัมผัส					
ความแน่นเนื้อ (กรัม)	-	31.94 ^d ±2.64	58.26 ^c ±9.09	80.72 ^b ±4.24	132.25 ^a ±18.10
ความคืนตัว (ร้อยละ)	-	30.80 ^b ±4.58	41.46 ^{ab} ±8.91	50.44 ^a ±8.64	48.93 ^a ±4.09

ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของคาร์เวียร์มะม่วง (ต่อ)

ลักษณะ	ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจินเตที่ใช้ผลิตเม็ดปิดีสมะม่วง (ร้อยละ)				
	0	0.5	1	1.5	2
ความเป็นกรด-เบส (pH)	3.01 ^d ±0.01	3.35 ^c ±0.08	3.38 ^c ±0.12	3.52 ^b ±0.11	3.76 ^a ±0.18
ค่าสี					
L*	17.44 ^c ±0.02	22.46 ^c ±0.06	24.96 ^b ±0.09	24.49 ^b ±0.02	29.06 ^a ±0.03
a*	10.53 ^a ±0.04	10.53 ^b ±0.01	9.57 ^c ±0.03	9.42 ^d ±0.03	9.23 ^e ±0.40
b*	28.83 ^e ±0.05	30.66 ^d ±1.27	31.28 ^c ±0.06	32.05 ^b ±0.5	32.23 ^a ±0.10

หมายเหตุ ^{a,b,c...} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อนำตัวอย่างเม็ดปิดีสซอสมะม่วงไปทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 5) พบว่า การใช้โซเดียมอัลจินเตความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ได้รับคะแนนความชอบด้านต่างๆ สูงสุด แต่เมื่อความเข้มข้นของโซเดียมอัลจินเตเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1, 1.5 และ 2 ตามลำดับ ส่งผลทำให้คะแนนความชอบด้านต่าง ๆ ลดลง ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องมาจากเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้นและรสชาติที่ได้รับน้อยลง (Lupo et al., 2015) สอดคล้องกับรายงานของ สวามินี อีระวุฒิ และปฎิยุทธ์ ขวัญอ่อน (2557) ที่พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของอัลจินเตที่เคลือบบนเนื้อหอยแมลงภู่มัด ทำให้ผู้ทดสอบไม่ชอบลักษณะเนื้อสัมผัสที่เป็นเมือกจากอัลจินเตหลังจากรับประทาน



ภาพที่ 1 ซอสมะม่วงสูตรควบคุม (Control) และเม็ดปิดีสซอสมะม่วงที่ผลิตจากแอลจินเตความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ (A, B, C และ D มีความเข้มข้นของแอลจินเตเท่ากับร้อยละ 0.5, 1, 1.5 และ 2 โดยน้ำหนักตามลำดับ)

ตารางที่ 5 คะแนนความชอบของเม็ดปิดส์ซอสมะม่วง

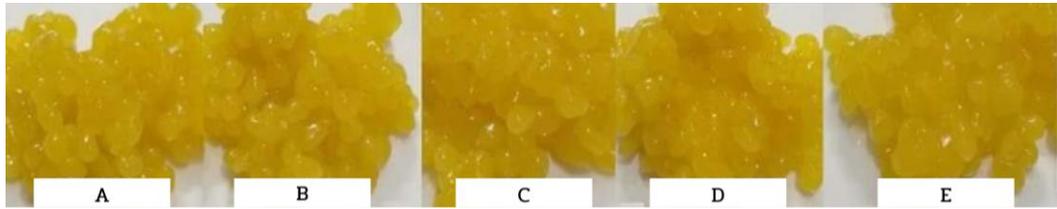
ความเข้มข้นของ โซเดียมอัลจิเนต (ร้อยละ)	คุณลักษณะของเม็ดปิดส์ซอสมะม่วง (n = 50)				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบ โดยรวม
ซอสมะม่วง (ชุดควบคุม)	6.32 ^{ab} ±1.33	6.48 ^{ab} ±1.59	6.90 ^a ±1.78	6.80 ^b ±1.45	6.84 ^{ab} ±1.73
0.5	7.13 ^a ±1.20	7.13 ^a ±1.23	7.13 ^a ±1.23	7.25 ^a ±1.11	7.55 ^a ±1.26
1	6.77 ^b ±1.02	6.13 ^b ±1.38	6.10 ^{bc} ±1.85	6.00 ^{bc} ±1.78	6.35 ^{bc} ±1.76
1.5	6.55 ^b ±1.31	6.03 ^b ±1.33	5.71 ^c ±1.75	5.70 ^c ±1.56	5.71 ^c ±1.72
2	7.03 ^b ±0.98	6.29 ^b ±1.37	5.87 ^c ±1.80	5.50 ^c ±1.29	5.97 ^{bc} ±1.82

หมายเหตุ ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

3. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และการประเมินทางประสาทสัมผัสของเม็ดปิดส์ซอสมะม่วงระหว่างการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์ทางกายภาพ (ตารางที่ 6) พบว่า น้ำหนัก ขนาดและค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่เนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อและร้อยละการคืนตัว) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ส่วนค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) ซึ่งแปรผกผันกับค่าความเป็นสีแดง (a*) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dea et al. (2010) และ Siddiq et al. (2013) ซึ่งพบว่า มะม่วงตัดแต่งจะมีค่าความสว่างลดลงหลังจากการเก็บรักษา ถึงแม้ว่าการผลิตเม็ดปิดส์จะช่วยลดการเสื่อมสลายของสารประกอบฟีนอลได้บางส่วนที่ส่งผลต่อค่าสีก็ตาม (Uprarawanna et al., 2021) เมื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี (ตารางที่ 7) พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH) มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกจะถูกทำลายได้เร็วขึ้นจากการเร่งปฏิกิริยาจากแสงและออกซิเจน การผลิตเม็ดปิดส์ซอสมะม่วงจึงเหมือนเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวทำให้สารดังกล่าวถูกทำลายได้เพิ่มมากขึ้น (Kim et al, 2018; Buchner et al., 2006)

ในขณะที่ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของเม็ดปิดส์ซอสมะม่วงระหว่างการเก็บรักษา 8 วัน พบ <25 CFU/กรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ในวันที่ 8 คะแนนความชอบด้านต่าง ๆ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางกายภาพข้างต้น



ภาพที่ 2 ลักษณะเม็ดบีดส์มะม่วงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 วัน [ตัวอย่างก่อนการเก็บรักษาหรือตัวอย่างควบคุม (A), เก็บรักษาเป็นเวลา 2 วัน (B), 4 วัน (C), 6 วัน (D) และ 8 วัน (E) ตามลำดับ]

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของของเม็ดบีดส์ซอสมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 ± 1 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 8 วัน

ลักษณะ	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)				
	0	2	4	6	8
น้ำหนัก (กรัมต่อ 100 เม็ด) ^{ns}	31.94±2.64	31.52±1.86	32.37±1.63	32.22±1.02	31.63±0.46
ขนาด (มิลลิเมตร) ^{ns}	30.80±4.58	28.68±1.19	28.73±1.14	29.52±1.44	29.55±1.98
เนื้อสัมผัส					
ความแน่นเนื้อ (กรัม)	31.94 ^a ±2.64	31.26 ^a ±1.21	30.83 ^a ±2.11	28.12 ^{ab} ±0.69	26.76 ^b ±1.34
ความคืนตัว (ร้อยละ)	30.80 ^a ±4.58	30.81 ^a ±1.25	28.88 ^a ±1.00	26.49 ^{ab} ±1.01	23.52 ^{ab} ±1.10
ความเป็นกรด-เบส (pH) ^{ns}	3.29±0.12	3.33±0.36	3.32±0.28	3.31±0.18	3.33±0.28
ค่าสี					
L*	26.06 ^a ±1.03	24.61 ^b ±0.50	22.84 ^c ±0.76	20.40 ^d ±0.64	16.76 ^e ±0.31
a*	9.20 ^e ±0.58	10.02 ^d ±0.20	13.58 ^c ±0.40	14.85 ^b ±0.24	15.88 ^a ±0.11
b* ^{ns}	31.28±0.06	30.90±0.09	31.25±1.02	31.25±0.47	31.22±0.46

หมายเหตุ ^{a,b,c...} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

^{ns} ค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเม็ดบีตส์ซอสมะม่วง ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณสารประกอบฟีนอล (มิลลิกรัม/100 กรัม)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) (ร้อยละ)
0	107.33 ^a ±6.43	81.58 ^a ±0.53
2	104.33 ^a ±5.13	75.23 ^b ±2.93
4	96.33 ^b ±1.15	75.37 ^b ±1.20
6	88.50 ^c ±1.32	66.64 ^c ±2.16
8	84.83 ^c ±2.02	63.81 ^c ±1.58

หมายเหตุ ^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 8 คะแนนความชอบของเม็ดบีตส์ซอสมะม่วงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 วัน

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	คุณลักษณะของเม็ดบีตส์มะม่วง (n = 50)				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0	7.40 ^a ±0.70	7.00 ^a ±0.99	7.30 ^a ±1.06	7.20 ^a ±1.01	7.50 ^a ±1.18
2	7.00 ^a ±1.24	7.30 ^a ±1.16	7.60 ^a ±1.43	7.00 ^a ±1.25	7.20 ^a ±1.31
4	7.10 ^a ±0.74	7.00 ^a ±0.94	7.20 ^a ±1.48	7.00 ^a ±1.42	7.30 ^a ±1.42
6	6.50 ^{ab} ±0.92	6.90 ^{ab} ±0.57	7.20 ^a ±0.79	6.50 ^b ±1.31	7.20 ^a ±0.79
8	5.00 ^b ±0.67	6.20 ^b ±0.94	6.20 ^b ±0.82	5.00 ^b ±0.82	5.50 ^b ±0.74

หมายเหตุ ^{ns} ค่าเฉลี่ยในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคและผู้เชี่ยวชาญต่อเม็ดบีตส์ซอสมะม่วงโดยการจัดเสิร์ฟกับข้าวเหนียวมูน

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ของเม็ดบีตส์ซอสมะม่วง เมื่อรับประทานคู่กับข้าวเหนียวมูน (ตารางที่ 9) พบว่า ได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง และได้รับคะแนนด้านรสชาติในระดับชอบมาก โดยผู้บริโภครับข้อมูลเกี่ยวกับความน่าสนใจในรูปแบบที่แตกต่างจากการรับประทานข้าวเหนียวมูนกับมะม่วงในรูปแบบปกติ ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนผลกรทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารไทย นอกจากนั้นผู้เชี่ยวชาญยังให้คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบมากโดยให้เหตุผลว่า นอกจากมุมมองด้าน

รสชาติและเนื้อสัมผัสที่ดีในการใช้รับประทานคู่กับข้าวเหนียวมูนแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นยังมีลักษณะเด่นคือ สามารถประยุกต์ใช้กับอาหารประเภทอื่นๆ ให้เกิดความแปลกใหม่และสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี หรือสามารถใช้ทดแทนเนื้อมะม่วงเมื่อต้องเสิร์ฟคู่กับความเหนียวมูนในกรณีที่มาเนื้อมะม่วงสดไม่ได้หรืออยู่ในต่างประเทศที่ไม่มีเนื้อมะม่วงที่มีคุณภาพและ/หรือมีราคาแพง ซึ่งเป็นช่องทางเหลืออีกช่องทางหนึ่งสำหรับเชฟและผู้ประกอบการร้านอาหาร

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อคุณลักษณะของเม็ดบีดส์ซอสมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน

ตัวอย่างเม็ดบีดส์ซอส มะม่วงจัดคู่กับข้าวเหนียว มูน	คุณลักษณะของเม็ดบีดส์ซอสมะม่วง				
	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบ โดยรวม
ผู้บริโภคน (n = 200)	6.77±1.52	6.81±1.54	7.61±1.09	6.88±1.23	7.39±1.31
ผู้เชี่ยวชาญ (n = 10)	6.70±0.67	6.90±0.74	7.90±0.74	6.80±0.63	7.70±0.95

สรุป

จากผลงานวิจัยนี้ พบว่า ปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตซอสมะม่วงของเนื้อมะม่วง น้ำตาล น้ำมะนาว อยู่ในอัตราส่วน 6:3:1 ซึ่งได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมสูงที่สุด เมื่อนำไปผลิตเป็นเม็ดบีดส์ซอสมะม่วงโดยใช้ไซเตียมอัลจินेट ความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1 และ 2 พบว่า เม็ดบีดส์ซอสมะม่วงที่ผลิตจากไซเตียมอัลจินेटความเข้มข้นร้อยละ 0.5 มีลักษณะทางกายภาพและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เมื่อนำมาศึกษาระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน พบว่า ลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าสี เนื้อสัมผัส ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลง แต่ยังไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ในวันที่ 8 คะแนนความชอบด้านต่าง ๆ ของตัวอย่างมีค่าลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำเม็ดบีดส์ซอสมะม่วงจัดคู่กับข้าวเหนียวมูน เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง และได้รับคะแนนด้านรสชาติในระดับชอบมาก โดยผู้บริโภคให้ข้อมูลเกี่ยวกับความน่าสนใจในรูปแบบที่แตกต่างจากการรับประทานข้าวเหนียวมูนกับมะม่วงในรูปแบบปกติ สอดคล้องกับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารที่ให้คะแนนความชอบด้าน สี กลิ่น และเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง และคะแนนด้านรสชาติและความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก

ข้อเสนอแนะ

ผลิตภัณฑ์เม็ดปิดสัสนั้นถึงแม้จะเป็นลักษณะที่แปลกใหม่ โดยเฉพาะในรูปแบบการจัดเสิร์ฟกับขนมไทย เช่น ข้าวเหนียวมูน แต่เป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นที่จะตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค และจากผลการวิจัยพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดปิดสัซซอสมะม่วง คือ ใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจินเตอ์ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก หากทำการทดลองอีกครั้งหรือกับตัวอย่างอื่น ๆ ไม่ควรปรับลดปริมาณโซเดียมอัลจินเตอ์มาจนเกินไป เพราะตัวอย่างที่มีสภาวะเป็นกรดสูงจะลดความสามารถในการเกิดเจลของอัลจินเตอ์ ประกอบกับ ตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นซอสมะม่วงมีส่วนผสมของพุทราเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งประกอบด้วย เพคตินจำนวนมากจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติการเกิดเจลของอัลจินเตอ์

กิตติกรรมประกาศ

ในการนี้ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสวนดุสิตและมหาวิทยาลัยพะเยา ซึ่งเป็นต้นสังกัดของคณะผู้วิจัย ที่ให้โอกาสในการดำเนินโครงการดังกล่าวจนลุล่วงไปด้วยดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงสร้างสรรค์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- นิธิยา รัตนานพนธ์. (2549). **เคมีอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- พัชรี คำประเวช, และสุธีรา วัฒนกุล. (2561). การผลิตเม็ดปิดสัสน้ำเสาวรสดด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 26(8), 1381-1393.
- สวามินี ธีระวุฒิ, และปฎิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2557). การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่งอกด้วยการเคลือบ อัลจินเตอ์ผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับ สภาพบรรยากาศ: ผลของสารละลายอัลจินเตอ์ผสมสารกันหืน. (รายงานการวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา
- อัจฉรา ตลวิทยาคณ, และวรรณวิมล พุ่มโพธิ์. (2561). การผลิตทับทิมกรอบโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบแช่แข็งย้อนกลับ. **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม**, 13(2), 49-59.
- AACC. (1977). **Analytical Cereal Method**. American Associated of Cereal Chemists, USA.
- Abdalla, A. E., Darwish, S. M., Ayad, E. H., & El-Hamahmy, R. M. (2007). Egyptian mango by-product 2: Antioxidant and antimicrobial activities of extract and oil from mango seed kernel. **Food chemistry**, 103(4), 1141-1152.
- AOAC. (2000). **Official Method of AOAC International**. 17th ed The Association of Official Analytical Chemists, Inc. USA.
- Aguilera, J. M. (2012). The engineering inside our dishes. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, 1(1), 31-36.
- Baldwin, D. E. (2012). Sous vide cooking: A review. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, 1(1), 15-30.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, 28(1), 25-30.

- Buchner, N., Krumbein, A., Roh, S. & Kroh, L. W., (2006). Effect of thermal process on the flavonols rutin and quercetin. **Rapid Communications in Mass Spectrometry**, 20, 3229-3235.
- Chongchatuporn, U., Ketsa, S., & van Doorn, W. G. (2013). Chilling injury in mango (*Mangifera indica*) fruit peel: Relationship with ascorbic acid concentrations and antioxidant enzyme activities. **Postharvest Biology and technology**, 86, 409-417.
- Comaposada, J., Gou, P., Marcos, B., & Arnau, J. (2015). Physical properties of sodium alginate solutions and edible wet calcium alginate coatings. **LWT- Food Science and Technology**, 64(1), 212-219.
- Dar, M. S., Oak, P., Chidley, H., Deshpande, A., Giri, A., & Gupta, V. (2016). **Nutrient and flavor content of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars: an appurtenance to the list of staple foods**. In Nutritional composition of fruit cultivars (pp. 445-467). Elsevier.
- Dea, S., Brecht, J. K., Nunes, M. C. N., & Baldwin, E. A. (2010). Quality of fresh-cut 'Kent' mango slices prepared from hot water or non-hot water-treated fruit. *Postharvest biology and technology*, 56(2), 171-180.
- Arráez-Román, D. and Segura-Carretero, A. (2019) Evolution of bioactive compounds of three mango cultivars (*Mangifera indica* L.) at different maturation stages analyzed by HPLC-DAD-q-TOF-MS. **Food Research International**. 125, 1-9.
- Fernández-Arroyo, S., Gómez-Martínez, A., Rocamora-Reverte, L., Quirantes-Piné, R., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A., & Ferragut, J. (2012). Application of nanoLC-ESI-TOF-MS for the metabolomic analysis of phenolic compounds from extra-virgin olive oil in treated colon-cancer cells. **Journal of pharmaceutical and biomedical analysis**, 63, 128-134.
- Hu, C., Lu, W., Mata, A., Nishinari, K. & Fang, Y., (2021). Ions-induced gelation of alginate: Mechanisms and applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, 177, 578-588.
- Kermani, Z. J., Shpigelman, A., Bernaerts, T. M., Van Loey, A. M., & Hendrickx, M. E. (2015). The effect of exogenous enzymes and mechanical treatment on mango purée: Effect on the molecular properties of pectic substances. **Food Hydrocolloids**, 50, 193-202.
- Kim, A., Kim, H., Chun, J., Heo, H.J., Kerr, W.L. & Choi, S., (2018). Degradation kinetics of phenolic content and antioxidant activity of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta*) puree at different storage temperature. **LWT - Food Science and Technology**, 89, 535-541.
- Kuria, M. W., Matofari, J. W., & Nduko, J. M. (2021). Physicochemical, antioxidant, and sensory properties of functional mango (*Mangifera indica* L.) leather fermented by lactic acid bacteria. **Journal of Agriculture and Food Research**, 6, 100206.

- Labaky, P., Grosmaire, L., Ricci, J., Wisniewski, C., Louka, N. & Dahdouh, L. (2020). Innovative non-destructive sorting technique for juicy stone fruits: textural properties of fresh mangos and puree. **Food and Bioproducts Processing**, 123, 188-198.
- Lane, C. (2013). Taste makers in the “fine-dining” restaurant industry: The attribution of aesthetic and economic value by gastronomic guides. **Poetics**, 41(4), 342-365.
- Ledeker, C. N., Suwonsichon, S., Chambers, D. H., & Adhikari, K. (2014). Comparison of sensory attributes in fresh mangoes and heat-treated mango purées prepared from Thai cultivars. **LWT-Food Science and Technology**, 56(1), 138-144.
- Li, P., Zheng, X., Liu, Y., & Zhu, Y. (2014). Pre-storage application of oxalic acid alleviates chilling injury in mango fruit by modulating proline metabolism and energy status under chilling stress. **Food Chemistry**, 142, 72-78.
- Lightner, M., & Rand, S. (2014). The enhancement of natural colors to provoke seasonality. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, 2(1), 55-59.
- Lupo, B., Maestro, A., Gutierrez, J.M. & Gonzalez, C., (2015). Characterization of alginate beads with encapsulated cocoa extract to prepare functional food: Comparison of two gelation mechanisms. **Food Hydrocolloids**, 49, 25-34.
- Oliveira, B. G., Costa, H. B., Ventura, J. A., Kondratyuk, T. P., Barroso, M. E., Correia, R. M. & Romão, W. (2016). Chemical profile of mango (*Mangifera indica* L.) using electrospray ionisation mass spectrometry (ESI-MS). **Food Chemistry**, 204, 37-45.
- Rhim, J.-W. (2004). Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. **LWT-Food science and technology**, 37(3), 323-330.
- Rognså, G. H., Rathe, M., Paulsen, M. T., Petersen, M. A., Brüggemann, D. A., Sivertsvik, M., & Risbo, J. (2014). Preparation methods influence gastronomical outcome of hollandaise sauce. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, 2(1), 32-45.
- Salinas-Roca, B., Soliva-Fortuny, R., Welti-Chanes, J., & Martín-Belloso, O. (2016). Combined effect of pulsed light, edible coating and malic acid dipping to improve fresh-cut mango safety and quality. **Food Control**, 66, 190-197.
- Shukla, A., Das, C. & Goud, V., (2020). Infusion of gingerols into candied mango enhances shelf-life by inhibiting browning and associated quality parameters during storage. **Food Chemistry**, 316, 126354.
- Siddiq, M., Sogi, D. S., & Dolan, K. D. (2013). Antioxidant properties, total phenolics, and quality of fresh-cut ‘Tommy Atkins’ mangoes as affected by different pre-treatments. **LWT - Food Science and Technology**, 53(1), 156-162.
- Sogi, D. S., Siddiq, M., & Dolan, K. D. (2015). Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkin mango cubes as affected by drying techniques. **LWT-Food Science and Technology**, 62(1), 564-568.

- Sommano, S. R., Chanasut, U. & Kumpoun, W., (2020). 3 - Enzymatic browning and its amelioration in fresh-cut tropical fruits. **Fresh-Cut Fruits and Vegetable**,51-76.
- Taamalli, A., Arráez-Román, D., Barrajón-Catalán, E., Ruiz-Torres, V., Pérez-Sánchez, A., Herrero, M. & Segura-Carretero, A. (2012). Use of advanced techniques for the extraction of phenolic compounds from Tunisian olive leaves: Phenolic composition and cytotoxicity against human breast cancer cells. **Food and Chemical Toxicology**, 50(6), 1817-1825.
- Teribia, N., Buve', C., Bonerz, D., Aschoff, J., Hendrickx, M. & Loey A.V., (2021). Impact of processing and storage conditions on color stability of strawberry puree: The role of PPO reactions revisited. **Journal of Food Engineering**, 294, 110402.
- Tsai, F., Kitamura, Y. & Kokawa, M. (2017). Liquid-core alginate hydrogel beads loaded with functional compounds of radish by-products by reverse spherification: Optimization by response surface methodology. **International Journal of Biological Macromolecules**, 96, 600-610.
- Uprawanna, U., Jaimun, R. & Kanha, N., (2021). Effects of Chitosan Concentrations in the Chitosan-Alginate Composite on The Quality Mulberry Caviar during Storage. **Journal of Food Health and Bioenvironmental Science**. 14(2), 34-46.
- Vega, C., & Ubbink, J. (2008). Molecular gastronomy: a food fad or science supporting innovative cuisine?. **Trends in food Science & technology**, 19(7), 372-382.
- Vuong, Q., Hirun, S., Phillips, P., Chuen, T., Bowyer, M., Goldsmith, C., & Scarlett, C. (2014). Fruit-derived phenolic compounds and pancreatic cancer: Perspectives from Australian native fruits. **Journal of ethnopharmacology**, 152(2), 227-242.