

สูตรที่เหมาะสมของการผลิตทอฟฟี่มะขามป้อม

Optimum Formula of Indian Gooseberry Toffee Production

นรินทร์ เจริญพันธ์*

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว
ถนนสุวรรณศร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว 27160

กนกพร ภาคิฉาย

คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ศูนย์วาสุกรี
ถนนอุทอง ตำบลท่าวาสุกรี อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

Narin Charoenphun*

Faculty of Agricultural Technology, Burapha University Sakaeo Campus,
Suwannasorn Road, Watthananakhon, Sakaeo 27160

Kanokporn Pakeechai

Faculty of Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of Technology
Suvarnabhumi, U-Thong Road, Tha Wasuki, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะขามป้อม โดยวางแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อมะขามป้อม น้ำตาลทราย และน้ำร้อยละ 25-50 ได้ส่วนประกอบหลักของทอฟฟี่ 7 สูตร เมื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบทั่วไปพบว่า ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักของทอฟฟี่แปรผันตรงกับน้ำ ความแข็งแปรผกผันกับปริมาณน้ำและเนื้อมะขามป้อม และค่าความสว่างของทอฟฟี่แปรผันตรงกับปริมาณน้ำตาลทรายและเนื้อมะขามป้อม โดยสูตรที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะขามป้อม คือ สูตรที่ปริมาณเนื้อมะขามป้อม น้ำตาลทราย และน้ำร้อยละ 34, 33 และ 33 ตามลำดับ เป็นสูตรที่ได้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ (7.57 ± 1.04) กลิ่น (7.17 ± 1.37) รสชาติ (7.07 ± 0.87) เนื้อสัมผัส (7.33 ± 0.80) และความชอบรวม (7.30 ± 1.15) สูงที่สุด เมื่อศึกษาการเติมเนื้อผลไม้ชนิดอื่นต่อเนื้อมะขามป้อม ร้อยละ 50:50 เพื่อลดความฝาดและขมของทอฟฟี่ พบว่าทอฟฟี่ทุกสูตรมีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏและกลิ่นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ในส่วนของคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติสูตรกระเจี๊ยบเขียวมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด (7.89 ± 0.95) ด้านเนื้อสัมผัสสูตรมะม่วงมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด (7.73 ± 0.69) และด้านความชอบรวมสูตรกระเจี๊ยบ

เขียวและสูตรมะม่วงมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าสูตรอื่น ทอฟฟี่ที่ผลิตได้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกหนึ่งในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบในท้องถิ่น และสามารถตอบโจทย์ให้กับผู้บริโภคที่นิยมการรับประทานมะขามป้อม

คำสำคัญ : มะขามป้อม; ทอฟฟี่; กระเจียบเขียว; มะม่วง

Abstract

This research aimed to optimize the formula to produce Indian gooseberry toffee. The seven formulations of Indian gooseberry toffee consisting of Indian gooseberry fresh, sugar and water at 25-50 % were studied by using mixture design. Physical properties and sensory acceptance were investigated. The results showed that weight loss of toffee varied directly to the amount of water. The hardness toffee varied indirectly to the amount of water and Indian gooseberry flesh, and brightness of toffee varied directly to the amount of sugar and Indian gooseberry flesh. Obviously, an optimum formulation of Indian gooseberry toffee was 34 % Indian gooseberry flesh, 33 % sugar and 33 % water. This formulation had the highest score of appearance (7.57 ± 1.04), flavor (7.17 ± 1.37), taste (7.07 ± 0.87), texture (7.33 ± 0.80) and overall liking (7.30 ± 1.15). Furthermore, the addition of other fruits to Indian gooseberry (50 : 50) for reducing the astringent and bitter taste of toffee were studied. The results revealed that all toffee formulas had no significant difference ($p > 0.05$) on the average scores of appearance and flavor. Interestingly, okra formula had the highest score of taste (7.89 ± 0.95) while mango formula had the highest score of texture (7.73 ± 0.69). In term of overall liking, okra and mango formulas had an average score higher than other formulas. Therefore, toffee produced is an alternative value-added product for local raw materials, and it can answer to consumers who prefer eating Indian gooseberry.

Keywords: Indian gooseberry; toffee; okra; mango

1. บทนำ

มะขามป้อม (Indian gooseberry) เป็นพืชที่ขึ้นอยู่ทั่วไปในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ไทย ลาว พม่า กัมพูชา อินเดีย และจีน พบมากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออก และภาคกลางของประเทศไทย แหล่งปลูกมะขามป้อมในประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี นครปฐม ราชบุรี จันทบุรี พิจิตร กำแพงเพชร ลำปาง เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน แพร่ น่าน สระแก้ว และพะเยา ผล

มะขามป้อมมีเนื้อหนา ผลอ่อนมีสีเขียวอ่อน ผลแก่มีสีเขียวค่อนข้างใส มีเส้นริ้ว ๆ ตามยาวพอสองเกดได้ 6 เส้น เนื้อกินได้ มีรสฝาด เปรี้ยว ขม และอมหวาน เปลือกหุ้มเมล็ดแข็ง มะขามป้อมให้ผลและเนื้อผลที่มีน้ำหนักต่างกัน โดยแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มแรกสายพันธุ์อินเดียให้น้ำหนักผล 33.43-39.56 กรัมต่อผล และน้ำหนักเนื้อ 32.01-38.39 กรัมต่อผล กลุ่มที่สอง สายพันธุ์พื้นบ้าน มีน้ำหนักผล 12.10-19.78 กรัมต่อผล น้ำหนักเนื้อ 11.96-18.50 กรัมต่อผล ซึ่ง

เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ป่าที่มีน้ำหนักผล 3.65-5.93 กรัมต่อผล และน้ำหนักเนื้อ 3.23-5.41 กรัมต่อผล [1] มะขามป้อมเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ เนื้อผลสดประกอบด้วยน้ำร้อยละ 81.2 โปรตีนร้อยละ 0.5 ไขมันร้อยละ 0.1 วิตามินซีร้อยละ 1-1.8 ผลแห้งมีกรดมิวซิก (mucic acid) ร้อยละ 4-9 เปลือกผลมีกรดเอลลาจิก (ellagic acid) กรดฟิลเลมบิก (phyllembic acid) และสารฟีนอล (phenol) เมล็ดมะขามป้อมมีน้ำมันร้อยละ 26 นอกจากนี้มะขามป้อมยังมีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ อาทิ สารแทนนินมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูง สารสำคัญในมะขามป้อมมีสมบัติต้านเชื้อโรคหลายชนิด เพิ่มภูมิคุ้มกัน และกำจัดสารพิษจากโลหะหนักออกจากร่างกาย [2] ปัจจุบันเกษตรกรหันมาให้ความสนใจปลูกมะขามป้อมเพื่อจำหน่ายทางการค้าเพิ่มมากขึ้น ในพื้นที่ 1 ไร่ สามารถปลูกมะขามป้อมได้เฉลี่ย 20-30 ต้น ซึ่งสามารถจำหน่ายทั้งผล ใบ เมล็ด และกิ่งพันธุ์มะขามป้อม ผลมะขามป้อมราคาส่งเฉลี่ยตันละ 50,000 บาท ส่วนราคาปลีกโลกรั้วละ 80-120 บาท ขึ้นอยู่กับคุณภาพของมะขามป้อม ระยะเวลาที่มะขามป้อมให้ผลผลิตมาก คือ อยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงที่มีราคาสูง เกษตรกรผู้ปลูกมะขามป้อมจะจำหน่ายในรูปผลสด หากไม่มีวิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสมก็จะเน่าเสียได้ การแปรรูปมะขามป้อมให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารจะช่วยสร้างรายได้เพิ่มให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมะขามป้อม และทำให้ผู้บริโภคได้รับประทานผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์จากมะขามป้อมได้ตลอดทั้งปี

ทอฟฟี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะค่อนข้างแข็ง ได้จากการนำน้ำตาล กลูโคสไซรัป และอาจมีส่วนประกอบอื่น เช่น นม เนื้อมะขาม เนื้อทุเรียน มาทวนจนเหนียวได้ที่ แล้วทำให้เป็นรูปร่างตามต้องการ อาจปรุงแต่งสี กลิ่นรส หรือเนื้อสัมผัสด้วยส่วนประกอบ

อื่นที่เหมาะสม เช่น กะทิ ถั่วลิสง แล้วห่อ และบรรจุในภาชนะบรรจุ [3] การผลิตทอฟฟี่ผลไม้เพื่อจำหน่ายในปัจจุบันมีหลากหลายชนิด ได้แก่ ทอฟฟี่กล้วย มะพร้าว มังคุด ทุเรียน และมะขาม เป็นต้น ซึ่งทอฟฟี่แต่ละชนิดจะมีลักษณะเฉพาะด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส รวมถึงคุณค่าทางโภชนาการที่ต่างกัน การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่จากมะขามป้อมเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากผู้บริโภคบางกลุ่มไม่นิยมรับประทานมะขามป้อมเนื่องจากมีรสฝาดเปรี้ยว และขม การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่ทำรับประทานได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำมะขามป้อมตกเกรดมาแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มได้อีกทาง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะขามป้อม และการพัฒนารสชาติด้วยการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น ประกอบด้วยมะละกอ ฟักเขียว กระเจี๊ยบเขียว มะขาม และมะม่วง โดยประเมินสมบัตินิเวศวิทยาและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค เพื่อคัดเลือกสูตรต้นแบบของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะขามป้อม องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการแปรรูปมะขามป้อมเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร สร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกรผู้ปลูกมะขามป้อมในท้องถิ่น รวมถึงการพัฒนาต่อยอดเพื่อการผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไปได้

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การศึกษาผลของเนื้อมะขามป้อม น้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลต่อคุณภาพของทอฟฟี่มะขามป้อม

มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.)

สายพันธุ์อินเดียที่นำมาใช้ในการศึกษาซื้อจากเกษตรกรผู้ปลูกมะขามป้อมในพื้นที่อำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว โดยนำผลมะขามป้อมสดมาล้างทำความสะอาด แยกเอาส่วนที่เป็นเมล็ดออก นำส่วนเนื้อมะขามป้อมต่อน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก

ไปลวกในน้ำเดือด 10 นาที จากนั้นตัดส่วนเนื้อมะขามป้อมออก แยกส่วนของน้ำที่ได้จากการลวกมะขามป้อมเก็บไว้ พักให้เย็น นำเนื้อมะขามป้อมไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Philips, HR-2056, China) ใช้ความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 1 นาที 2 รอบจนเนื้อมะขามป้อมละเอียด

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะขามป้อม ใช้แผนการทดลองแบบมิกเจอร์ ดีไซน์ (mixture design) โดยกำหนดปริมาณเนื้อมะขามป้อมร้อยละ 25-50 น้ำตาลทรายขาวร้อยละ 25-50 และน้ำ (ใช้น้ำที่ได้จากการลวกมะขามป้อมและแยกเอาส่วนเนื้อมะขามป้อมออก) ร้อยละ 25-50 คัดเลือกสูตรสำหรับใช้ในการทดลอง โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกจุดบนพื้นที่รูปสามเหลี่ยมจากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ ดีไซน์ที่กระจายอยู่ทุก ๆ ส่วนของบริเวณที่กำหนด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมสูตรในขอบเขตที่แปรผันส่วนประกอบมากที่สุด ได้สูตรที่คัดเลือกมา 7 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 1

Table 1 Formulation of Indian gooseberry toffee by a 3-component* mixture design

Formulations	1	2	3	4	5	6	7
Indian gooseberry flesh (%)	34	29	29	50	25	42	25
Sugar (%)	33	29	42	25	25	29	50
Water (%)	33	42	29	25	50	29	25

* A 3-component mixture (100 % in the mixture design) was 100 % of the total formulation.

ซึ่งส่วนผสมของเนื้อมะขามป้อม น้ำตาลทรายขาว และน้ำ ตามสูตรในตารางที่ 1 ในทุกสูตรจะมีการเติมเกลือป่นร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักส่วนทั้งหมด

(เนื้อมะขามป้อม น้ำตาลทรายขาว และน้ำ) วิธีการผลิตทอฟฟี่เริ่มจากใส่เนื้อมะขามป้อม น้ำตาลทรายขาว น้ำ และเกลือป่นลงกระทะ จากนั้นผสมให้เข้ากัน กวนด้วยไฟปานกลาง 15 นาที (อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส) ปิดไฟ พักให้เย็น ปั่นเป็นก้อนกลม

สังเกตลักษณะปรากฏของทอฟฟี่มะขามป้อมทั้ง 7 สูตร วิเคราะห์หาค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่าง การกวน เริ่มจากการชั่งน้ำหนักก่อนกวนด้วยเครื่องชั่ง (Zepper EPS-3001, จีน) และชั่งน้ำหนักหลังการกวน น้ำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณเป็นร้อยละการสูญเสีย น้ำหนัก = [(น้ำหนักก่อนกวน - น้ำหนักหลังกวน) ÷ น้ำหนักก่อนกวน] x 100 วัดความแข็งของทอฟฟี่ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Daiichi FG 520K, Japan) ค่าแรงกดที่วัดได้เป็นหน่วยนิวตัน (N) ใช้หัวกดทรงกระบอก (cylindrical probe) โดยเตรียมตัวอย่างทอฟฟี่น้ำหนัก 5 กรัม ขึ้นรูปด้วยพิมพ์ทรงกลมขนาดเท่ากัน วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter, WR10QC, China) ด้วยระบบ CIE โดยค่า L* หรือความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว) ค่า a* (+a = สีแดง, -a = สีเขียว) และค่า b* (+b = สีเหลือง, -b = สีน้ำเงิน) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง hand refractometer (ATAGO MASTER-M, China) วัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้น (Moisture Meter, GM640, China) วัดค่าความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง pH meter (PH Meter 0.01, China) ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ทดสอบทั่วไป 30 คน คะแนน 1 ถึง 9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยวิธี 9-point hedonic ใช้วิธี one-way ANOVA โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan's new multiple-range test (DMRT) [4] ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือก

สูตรที่เหมาะสม 1 สูตร เพื่อผลิตเป็นทอฟฟี่มะขามป้อม โดยค่าคุณภาพที่ได้คือการสูญเสียน้ำหนัก ความแข็ง ค่าที่ได้จากการวัดสี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความชื้น ความเป็นกรดต่าง และผลจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส คัดเลือกสูตรที่เหมาะสม โดยสร้างกราฟคอนทัวร์ (contour plot) มาซ้อนทับกันเพื่อหาจุดที่เหมาะสมของปริมาณเนื้อมะขามป้อม ปริมาณน้ำตาลทรายขาว และปริมาณน้ำ เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตทอฟฟี่มะขามป้อมต่อไป

2.2 การศึกษาผลของการเติมเนื้อมะละกอ พักเหี่ยว กระเจี๊ยบเหี่ยว มะขาม และมะม่วงต่อคุณภาพของทอฟฟี่

การเตรียมเนื้อมะละกอ : นำมะละกอดิบ (*Carica papaya* L.) มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก แยกเอาส่วนที่เป็นเมล็ดออก หั่นให้มีขนาดเล็ก นำส่วนเนื้อมะละกอดิบต่อน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก ลวกในน้ำเดือด 5 นาที จากนั้นตักส่วนเนื้อมะละกอออก พักให้เย็น นำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Philips, HR-2056, China) ใช้ความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 1 นาที 2 รอบ

การเตรียมเนื้อพักเหี่ยว : นำพักเหี่ยว (*Benincasa hispida*) มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก แยกเอาส่วนที่เป็นเมล็ดออก หั่นให้มีขนาดเล็ก นำส่วนเนื้อพักเหี่ยวต่อน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก ลวกในน้ำเดือด 5 นาที จากนั้นตักส่วนเนื้อพักเหี่ยว พักให้เย็น นำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Philips, HR-2056, China) ใช้ความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 1 นาที 2 รอบ

การเตรียมเนื้อกระเจี๊ยบเหี่ยว : นำกระเจี๊ยบเหี่ยวดิบ (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) มาล้างทำความสะอาด หั่นให้เป็นชิ้น นำกระเจี๊ยบเหี่ยวต่อน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1 : 1 โดย

น้ำหนัก ลวกในน้ำเดือด 5 นาที จากนั้นตักกระเจี๊ยบเหี่ยวออก พักให้เย็น นำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Philips, HR-2056, China) ใช้ความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 1 นาที 2 รอบ

การเตรียมเนื้อมะขาม : นำมะขามดิบ (*Tamarindus indica* L.) มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก แยกเมล็ดออก นำมะขามต่อน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก ลวกในน้ำเดือด 5 นาที จากนั้นตักมะขามออก พักให้เย็น นำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Philips, HR-2056, China) ใช้ความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 1 นาที 2 รอบ

การเตรียมเนื้อมะม่วง : นำมะม่วงแก้วขมิ้นดิบ (*Mangifera indica* L.) มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก แยกเมล็ดออก หั่นให้มีขนาดเล็ก นำเนื้อมะม่วงต่อน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก ลวกในน้ำเดือด 5 นาที จากนั้นตักม่วงออก พักให้เย็น นำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Philips, HR-2056, China) ใช้ความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 1 นาที 2 รอบ

นำทอฟฟี่มะขามป้อมสูตรที่ถูกคัดเลือกจากข้อ 2.1 มาศึกษาผลของการเติมเนื้อมะละกอ พักเหี่ยว กระเจี๊ยบเหี่ยว มะขาม และมะม่วงต่อคุณภาพของทอฟฟี่มะขามป้อม ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยเปรียบเทียบผลของการใช้เนื้อมะขามป้อมร้อยละ 100 (สูตรควบคุม) กับสูตรที่มีการเติมวัตถุดิบอื่น (มะละกอ พักเหี่ยว กระเจี๊ยบเหี่ยว มะขาม และมะม่วง) ทดแทนเนื้อมะขามป้อมในอัตราส่วนร้อยละ 50 : 50 ผลิตทอฟฟี่ตามวิธีการผลิตในข้อ 2.1 สังเกตลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่ที่ผลิตได้ วัดความแข็งของทอฟฟี่ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Daiichi FG 520K, Japan) ค่าแรงกดที่วัดได้เป็นหน่วยนิวตัน (N) ใช้หัวกดใช้หัวกดทรงกระบอก (cylindrical probe) โดยเตรียม

ตัวอย่างทอฟฟีน้ำหนัก 5 กรัม ขึ้นรูปด้วยพิมพ์ทรงกลม ขนาดเท่ากัน วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter, WR10QC, China) ด้วยระบบ CIE โดยค่า L^* หรือ ความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว), ค่า a^* (+a = สีแดง, -a = สีเขียว) และ ค่า b^* (+b = สีเหลือง, -b = สีนํ้าเงิน) วัดค่าความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง pH meter (PH Meter 0.01, China) ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ทดสอบทั่วไป 30 คน คะแนน 1 ถึง 9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยวิธี 9-point hedonic ใช้วิธี one-way ANOVA โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan's new multiple-range test (DMRT) [4] ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลของเนื้อมะขามป้อม น้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลคุณภาพของทอฟฟีมะขามป้อม

การสังเกตลักษณะปรากฏของทอฟฟีมะขามป้อมทั้ง 7 สูตร (รูปที่ 1) พบว่าทอฟฟีมะขามป้อมทั้ง 7 สูตร ให้ลักษณะปรากฏที่ต่างกัน โดยสูตรที่ 1 มีลักษณะสี สีเหลืองส้ม การปั้นขึ้นรูปง่ายให้ลักษณะที่ดี เนื้อสัมผัสไม่เหนียวหรือยุ่ยเกินไป เมื่อทิ้งให้เย็นตัวจะได้ทอฟฟีที่มีเนื้อสัมผัสนุ่มพอดี เนียนเป็นเนื้อเดียวกัน คงรูป ไม่เยิ้ม ไกล่เคียงกับทอฟฟีทั่วไป รสหวานอมเปรี้ยวกำลังดี และมีรสขมฝาดของ

มะขามป้อม สูตรที่ 2 และ 5 มีลักษณะสี สีเหลืองส้ม การปั้นขึ้นรูปค่อนข้างยาก เนื้อสัมผัสยุ่ย ไม่ค่อยจับตัวกัน มีรสเปรี้ยว ขมและฝาด สูตรที่ 3 และ 7 มีลักษณะสี สีนํ้าตาล การปั้นขึ้นรูปยาก เนื้อสัมผัสเหนียวมาก เมื่อทิ้งให้เย็นจะได้ทอฟฟีที่มีความแข็งสูงกว่าสูตรอื่น โดยเฉพาะสูตรที่ 7 มีเนื้อสัมผัสแข็งมากที่สุด มีรสหวานมาก รสขมและฝาดเล็กน้อย สูตรที่ 4 และ 6 มีลักษณะสี สีเหลืองเขียว การปั้นขึ้นรูปค่อนข้างยาก เนื้อสัมผัสค่อนข้างเยิ้ม เมื่อทิ้งให้เย็นจะได้ทอฟฟีที่ค่อนข้างนิ่ม และไม่คงรูปและเยิ้ม รสเปรี้ยว ขม และฝาด ลักษณะปรากฏที่ต่างกันของทอฟฟีทั้ง 7 สูตร เป็นผลจากการใช้อัตราส่วนของเนื้อมะขามป้อม น้ำตาลทรายขาว และน้ำในอัตราส่วนที่ต่างกัน และผลจากปฏิบัติการเฉพาะหน่วยระหว่างกระบวนการทอฟฟีและการระเหยเพื่อกำจัดน้ำบางส่วนออกด้วยการกวนให้ความร้อน ทำให้อาหารมีความเข้มข้นขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของทอฟฟี ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ และเนื้อสัมผัส เป็นต้น [5]

รูปที่ 2 แสดง contour plots ผลของเนื้อมะขามป้อม น้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลต่อการสูญเสีย น้ำหนัก ปริมาณความชื้น ความแข็ง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความเป็นกรดต่าง และค่าสีของทอฟฟีมะขามป้อม ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักระหว่างกวน พบว่าทอฟฟีมะขามป้อมทั้ง 7 สูตร มีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยค่าร้อยละ

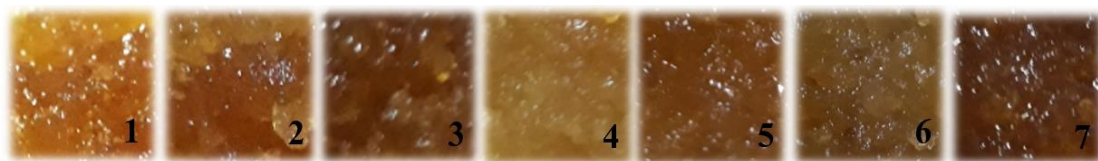


Figure 1 Appearance of Indian gooseberry toffee for seven formulations by a 3-component mixture design

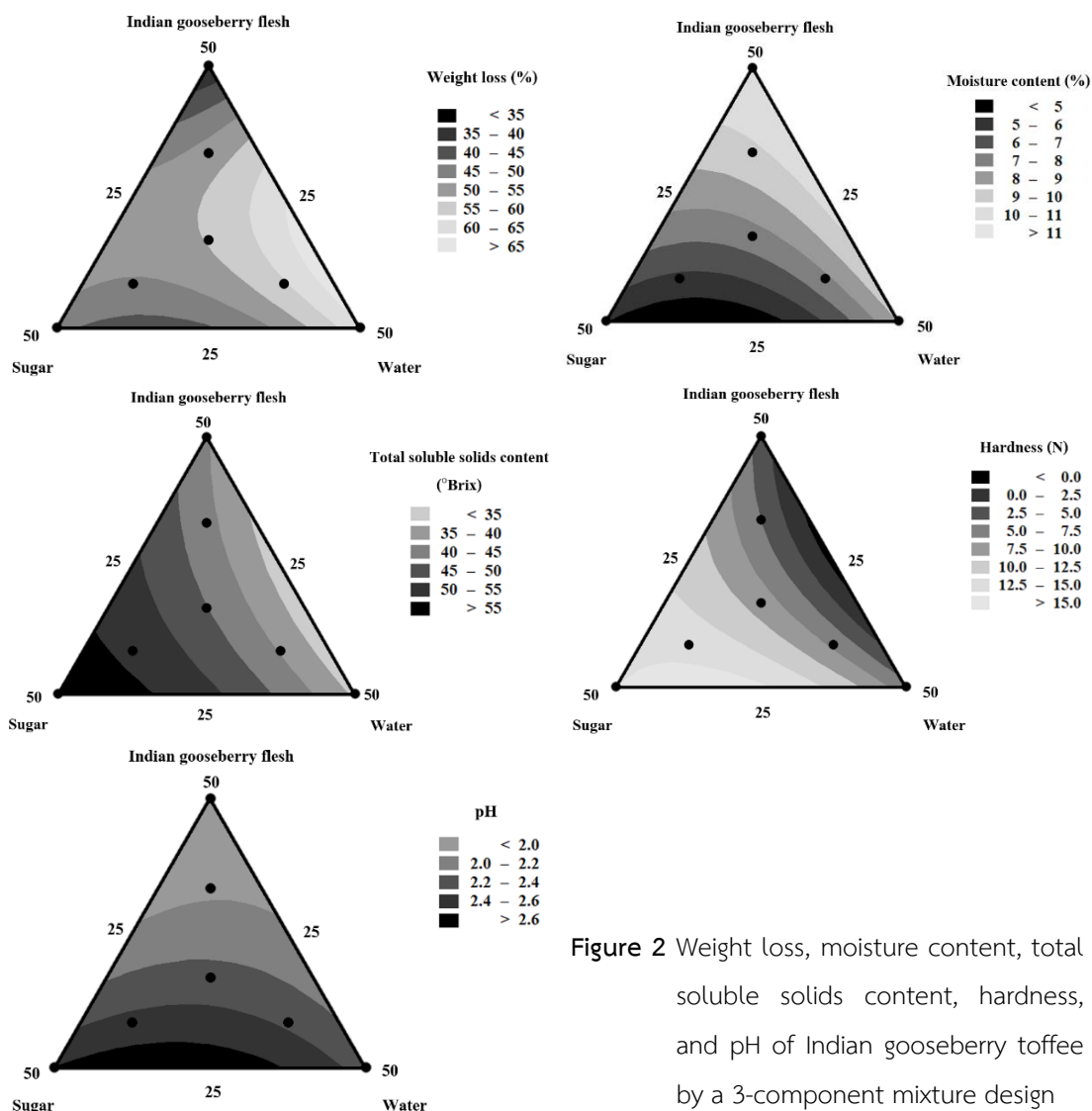


Figure 2 Weight loss, moisture content, total soluble solids content, hardness, and pH of Indian gooseberry toffee by a 3-component mixture design

การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการกวนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแปรผันตรงกับปริมาณน้ำในสูตร สัมพันธ์กับปริมาณความชื้นของทอฟฟี่ซึ่งแปรผันตรงกับปริมาณน้ำและเนื้อมะขามป้อม ซึ่งทอฟฟี่มะขามป้อมที่ผลิตได้ทั้ง 7 สูตร มีค่าความชื้นสุดท้ายร้อยละ 5-11 ความชื้นเป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร ความชื้นของทอฟฟี่ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน [3] ทอฟฟี่ต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก ผลของการสูญเสียน้ำหนักและปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์

อาจเนื่องจากการให้ความร้อนระหว่างการกวนทำให้เกิดการระเหยของของเหลว โดยการที่โมเลกุลของของเหลวบริเวณผิวหน้าหลุดออกไปเป็นแก๊ส เนื่องจากการเคลื่อนที่และการชนกันของโมเลกุล มีการแลกเปลี่ยนพลังงานซึ่งกันและกัน ทำให้แต่ละโมเลกุลของของเหลวมีพลังงานจลน์ต่างไปจากพลังงานจลน์เฉลี่ย โมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูงก็จะเอาชนะแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล และจะหลุดออกไปจากผิวหน้าของของเหลวกลายเป็นแก๊ส [6] ส่งผลให้เกิดการสูญเสีย

น้ำหนักและปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำและค่าความแข็งของทอปปี้มะขามป้อมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยทั่วไปปริมาณของแข็งที่ละลายได้ใช้บ่งชี้ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมได้จาก contour plot ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำมีความสัมพันธ์กับความแข็งของทอปปี้ โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำและค่าความแข็งแปรผันตรงกับปริมาณน้ำตาลทราย โดยทอปปี้สูตรที่ 7 มีค่าความแข็งสูงที่สุด ความแข็งของทอปปี้ในสูตรที่มีปริมาณน้ำตาลสูงอาจเป็นผลจากสมบัติทางกายภาพของน้ำตาลทราย ทอปปี้สูตรที่ 7 มีการเติมน้ำตาลทรายมากที่สุด ระหว่างการกวนทำให้ได้ทอปปี้ที่มีเนื้อสัมผัสค่อนข้างเหนียว มีความหนืดสูง เมื่อทิ้งให้เย็นจะทำให้ทอปปี้มีความแข็งสูงกว่าสูตรอื่น [7] สอดคล้องกับรายงานของ สงวนศรี และกัญญารัตน์ [8] ที่ศึกษาพฤติกรรมกลาสทรานซิชัน (glass transition) ของน้ำตาลซูโครสในช่วงขั้นตอนการผลิตถั่วตัด พบว่าการผสมน้ำตาลทรายขาวกับน้ำ เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายน้ำตาล โดยน้ำตาลเมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานานทำให้เกิดการแตกตัวเนื่องจากความร้อน น้ำตาลจะละลายเป็นน้ำเชื่อมที่ข้นหนืด เมื่อน้ำเชื่อมถูกเคียวจนงวดจะมีความหนืดสูง หลังจากพักให้เย็นลง น้ำเชื่อมเข้าสู่สภาวะรับเบอรี (rubbery state) มีลักษณะอ่อนตัวสามารถขึ้นรูปได้ ซึ่งอุณหภูมิจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงอุณหภูมิบรรยากาศปกติ น้ำเชื่อมข้นหนืดในสภาวะรับเบอรีจะผ่านเข้าสู่สภาวะกลาส สังเกตเห็นน้ำตาลมีลักษณะใส คล้ายแก้ว สน้ำตาลอ่อนค่าความเป็นกรดต่างของทอปปี้มะขามป้อมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่างเมื่อปริมาณเนื้อมะขามป้อมเพิ่มขึ้นทอปปี้มีแนวโน้มเป็นกรดสูงขึ้น อาจเนื่องจากองค์ประกอบของ

กรดต่าง ๆ ในมะขามป้อมซึ่งเป็นผลไม้ที่มีรสฝาดเปรี้ยว ขม และอมหวาน มีวิตามินซีร้อยละ 1-1.8 ผลแห้งมีกรดมิวซิกร้อยละ 4-9 เปลือกผลมีกรดแอลลาจิกและกรดฟิลเลมิก [2]

การวิเคราะห์ค่าสีระบบ CIE ค่า L^* , a^* และ b^* ของทอปปี้ทั้ง 7 สูตร (รูปที่ 3) แตกต่างกัน ในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) พบว่าค่า L^* (ความสว่าง) มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณน้ำตาลและเนื้อมะขามป้อมเพิ่มขึ้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่า a^* และค่า b^* มีแนวโน้มอยู่ในช่วงสีแดงและสีเขียว เนื้อมะขามป้อมมีสีเขียว ค่า a^* และค่า b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับสีที่สังเกตจากลักษณะปรากฏสีเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลทอปปี้จะมีสีออกน้ำตาลเข้มขึ้น สีน้ำตาลของทอปปี้ อาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดแอมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยาผลิตผลที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นสารประกอบหลายชนิดที่ให้น้ำตาลและกลิ่นรสต่าง ๆ [9] และการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุที่อยู่ในมะขามป้อมซึ่งเป็นผลไม้ที่มีสีเขียว มีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบ โดยทั่วไปคลอโรฟิลล์ไม่คงตัวต่อความร้อน เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นฟิโอฟิตินซึ่งเป็นรงควัตถุที่เปลี่ยนแปลงมาจากโมเลกุลของคลอโรฟิลล์เอที่สูญเสียอะตอมของแมกนีเซียมไออน ซึ่งอยู่กลางโมเลกุลในโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ โดยถูกแทนที่ด้วยอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอม ฟิโอฟิตินเกิดเมื่อคลอโรฟิลล์ได้รับความร้อนเป็นเวลานาน ทำให้สีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเขียวน้ำตาล [10]

ผลของเนื้อมะขามป้อม น้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของทอปปี้มะขามป้อม (ตารางที่ 2) พบว่าคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทั่วไป 30 คน

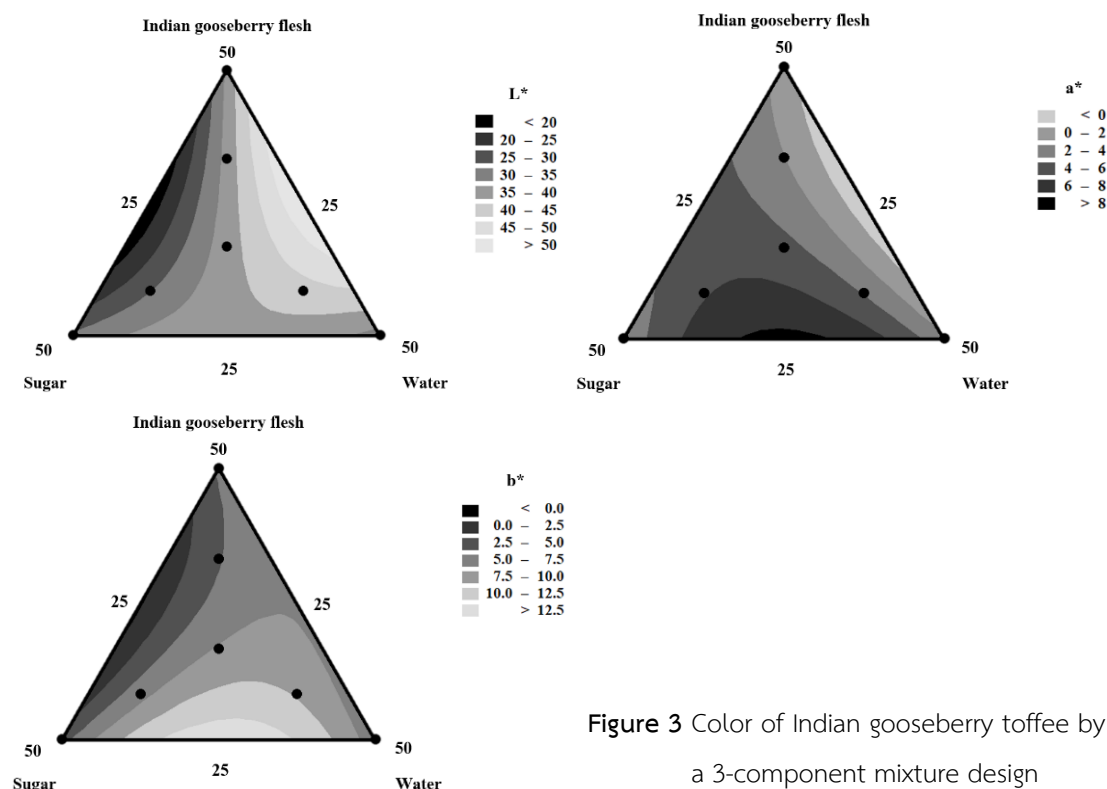


Figure 3 Color of Indian gooseberry toffee by a 3-component mixture design

โดยวิธี 9-point hedonic scale ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) สูตรที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยเนื้อมะขามป้อมร้อยละ 34 น้ำตาลทรายร้อยละ 33 น้ำ ร้อยละ 33 เป็นสูตรที่มีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ (7.57 ± 1.04) กลิ่น (7.17 ± 1.37) รสชาติ (7.07 ± 0.87) เนื้อสัมผัส (7.33 ± 0.80) และความชอบรวม (7.30 ± 1.15) สูงที่สุด ซึ่งอยู่ในระดับชอบปานกลาง สอดคล้องกับผลจากการสังเกตลักษณะปรากฏ สูตรที่ 1 มีลักษณะสี สีเหลืองส้ม การปั้นขึ้นรูปง่ายให้ลักษณะที่ดี เนื้อสัมผัสไม่เหนียวหรืออยู่เกินไป เมื่อทิ้งให้เย็นตัวจะได้ทอฟฟี่ที่มีเนื้อสัมผัสนุ่มพอดี เนียนเป็นเนื้อเดียวกัน คงรูป ไม่เยิ้ม ไกล่เคียงกับทอฟฟี่ทั่วไป รสหวานอมเปรี้ยวกำลังดี และมีรสขมฝาดของมะขามป้อม

เมื่อนำข้อมูลของค่าการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความแข็ง ความเป็นกรด และค่าสีมาสร้างกราฟคอนทัวร์ โดยนำกราฟมาซ้อนทับกันเพื่อหาพื้นที่ (รูปที่ 4) ในการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม โดยเลือกจากพื้นที่ที่มีค่าการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 30-60 ปริมาณความชื้นมีค่า 6-8 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่า 9-13 ค่าความแข็งมีค่า 6-12 นิวตัน ค่าความเป็นกรดมีค่า 1.5-3 ค่า L^* มีค่า 35-45 ค่า a^* มีค่า 0-8 และค่า b^* มีค่า 0-8 เป็นเกณฑ์กำหนดในการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสม จากรูปที่ 4 พบว่าพื้นที่ทับกัน (อักษร A) เป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมของส่วนผสมในการผลิตทอฟฟี่มะขามป้อม โดยสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่มีปริมาณอยู่ในพื้นที่ทับกัน ซึ่งมีปริมาณเนื้อมะขามป้อมร้อยละ 34 น้ำตาลทรายร้อยละ 33 และน้ำร้อยละ 33 เมื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพิจารณาร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต

ลักษณะปรากฏ ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความแข็ง ความเป็นกรดต่าง ค่าสี และคะแนนเฉลี่ยการทดสอบ

ทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่มีความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะขามป้อมต่อไป

Table 2 The liking score (n = 30) for seven formulations of Indian gooseberry toffee

Formulas	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall liking
1	7.57±1.04 ^a	7.17±1.37 ^a	7.07±0.87 ^a	7.33±0.80 ^a	7.30±1.15 ^a
2	6.73±1.26 ^b	6.77±1.36 ^{ab}	6.13±0.94 ^b	6.33±1.24 ^b	6.23±1.22 ^b
3	5.87±1.59 ^c	6.13±1.55 ^{bc}	5.77±1.10 ^b	5.47±1.22 ^c	5.87±1.48 ^b
4	5.57±1.43 ^c	6.10±1.49 ^{bc}	4.93±1.39 ^d	4.87±1.07 ^d	4.90±1.06 ^c
5	6.40±1.22 ^{bc}	6.58±1.28 ^{ab}	5.97±0.89 ^b	6.13±1.20 ^b	6.03±1.24 ^b
6	5.70±1.98 ^c	6.33±1.42 ^b	5.03±1.40 ^{cd}	4.93±1.11 ^{cd}	5.00±1.14 ^c
7	5.63±1.69 ^c	5.50±1.53 ^c	5.60±1.19 ^{bc}	4.93±1.36 ^{cd}	5.20±1.37 ^c

mean±SD; ^{a-d} means within each column indicate significant differences (p ≤ 0.05) using Duncan's multiple range test.

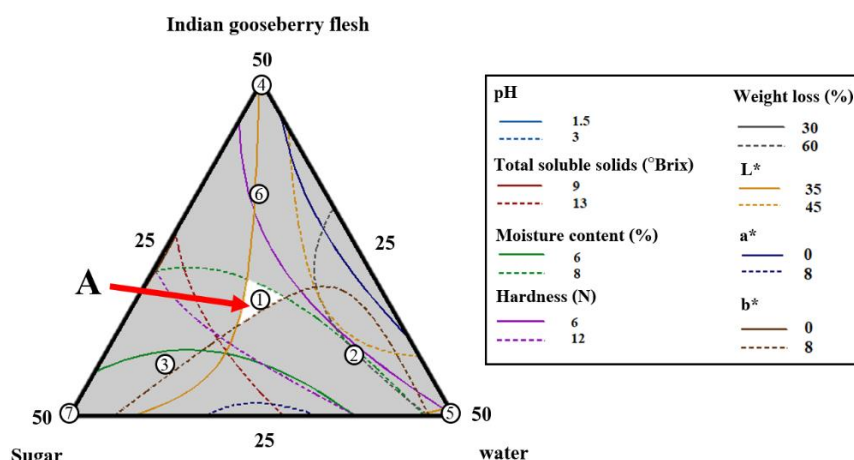


Figure 4 Contour plot for optimum overlapping (A) of Indian gooseberry toffee formulations

3.2 ผลของการเติมเนื้อมะละกอ ฟักเขียว กระเจี๊ยบเขียว มะขาม และมะม่วงต่อคุณภาพของทอฟฟี่

ทอฟฟี่มะขามป้อมที่ผลิตได้มีรสฝาดและขม เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมะขามป้อม

ประกอบด้วยสารหลายชนิด อาทิ แทนนินเป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอลที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ให้รสฝาด มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มะขามป้อมเป็นผลไม้ที่มีสารไฮโดรไลซ์แทนนินสูง [11] นอกจากนี้ยังมีวิตามินซี กรดมิวซิก กรดเอลลาจิก กรดฟิลเลมติก และกรดนิโค-

ตินิก เป็นต้น [2] รสฝาดและขมซึ่งทำให้ผู้บริโภคบางส่วนไม่นิยมรับประทานมะขามป้อม การพัฒนารสชาติของทอฟฟี่โดยการนำวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นมาเป็นส่วนผสมในการผลิตทอฟฟี่ประกอบด้วยเนื้อมะละกอ ฟักเขียว กระเจี๊ยบเขียว มะขาม และมะม่วง ทดแทนเนื้อมะขามป้อมในอัตราส่วนร้อยละ 50 : 50 เปรียบเทียบกับสูตรมะขามป้อม (สูตรควบคุม) การสังเกตลักษณะปรากฏของทอฟฟี่ (รูปที่ 5) พบว่าลักษณะปรากฏที่เหมือนกันของทอฟฟี่ทุกสูตรคือมีลักษณะใส การปั้นขึ้นรูปง่ายให้ลักษณะที่ดี เนื้อสัมผัสไม่เหนียวหรือยุ่ยเกินไป เมื่อทิ้งให้เย็นตัวจะได้ทอฟฟี่ที่มีเนื้อสัมผัสนุ่มพอดี เนียนเป็นเนื้อเดียวกัน คงรูป ไม่เยิ้ม ไกล่เคียงกับทอฟฟี่ทั่วไป ลักษณะปรากฏที่ต่างกัน คือ สีของสูตรควบคุม

มะละกอ ฟักเขียว มะม่วงมีสีเหลืองส้ม ส่วนสูตรกระเจี๊ยบเขียวมีสีเขียวน้ำตาลและสูตรมะขามมีสีเขียวอ่อน เนื้อสัมผัสของสูตรฟักเขียวค่อนข้างนิ่มและยุ่ยกว่าสูตรอื่น สูตรกระเจี๊ยบเขียวมีเนื้อละเอียดเนียนกว่าสูตรอื่น ด้านกลิ่นสูตรควบคุมมีกลิ่นมะขามป้อมชัดเจน สูตรมะละกอและสูตรฟักเขียวมีกลิ่นมะขามป้อมลดลง สูตรกระเจี๊ยบเขียวมีกลิ่นกระเจี๊ยบเขียวเล็กน้อย สูตรมะขามมีกลิ่นหอมมะขาม และสูตรมะม่วงมีกลิ่นหอมมะม่วง ด้านรสชาติสูตรควบคุมรสหวานอมเปรี้ยวกำลังดี และมีรสขมฝาดของมะขามป้อม สูตรมะละกอ ฟักเขียว กระเจี๊ยบเขียว และมะม่วง รสหวานอมเปรี้ยวกำลังดี โดยในสูตรมะขามจะมีรสเปรี้ยวนำ และมีรสขมฝาดของมะขามป้อมลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม

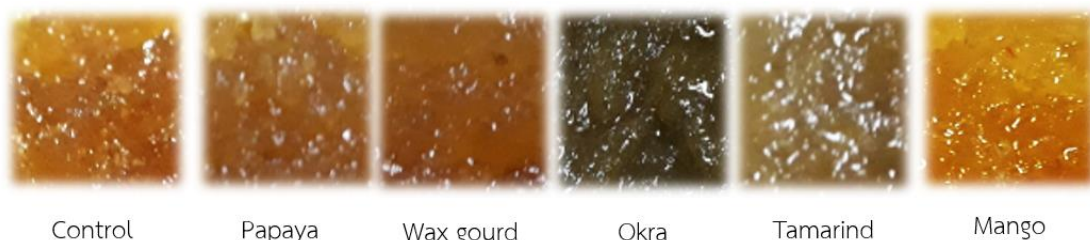


Figure 5 Appearance of Indian gooseberry toffee with fresh of papaya, wax gourd, okra, tamarind and mango

ผลของการเติมเนื้อมะละกอ ฟักเขียว กระเจี๊ยบเขียว มะขาม และมะม่วงต่อความแข็ง ความเป็นกรดต่างและค่าสีของทอฟฟี่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 3) ค่าความแข็งพบว่าทอฟฟี่สูตรควบคุมมีค่าความแข็งสูงที่สุด (9.17 ± 0.15) และมีค่าความเป็นกรดต่ำที่สุด (2.24 ± 0.02) โดยรวมทอฟฟี่มีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 2.24-3.28 การเปลี่ยนแปลงสีของทอฟฟี่พบว่าทอฟฟี่สูตรกระเจี๊ยบเขียวมีค่าความสว่างน้อยที่สุด (30.33 ± 0.09) ค่า a^*

ของทอฟฟี่สูตรกระเจี๊ยบเขียวและสูตรมะขามมีค่าเป็นลบซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงสีเขียว ส่วนสูตรมะขามป้อม มะละกอ ฟักเขียว และมะม่วงมีค่าเป็นบวกซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงสีแดง ส่วนค่า b^* ของทอฟฟี่ทุกสูตรมีค่าเป็นบวกอยู่ในช่วงสีเหลือง ลักษณะปรากฏและสมบัติทางกายภาพที่ต่างกันของทอฟฟี่เกิดจากองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบแต่ละชนิด ด้านความแข็งทอฟฟี่ที่ผลิตจากมะขามป้อมมีความแข็งสูงที่สุด อาจเกิดจากปริมาณเพกตินซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ประเภทโพลีแซคคาไรด์กัมที่พบมากในผักและผลไม้ เพกตินจะ

เกาะอยู่กับผนังเซลล์ของพืชอยู่รวมกับเซลล์ลอสทำให้
เกิดความแข็งแรงของโครงสร้าง [10] เมื่อเปรียบเทียบ
ปริมาณเพกตินในผลไม้แต่ละชนิด พบว่ามะขามป้อม
เป็นผลไม้ที่มีปริมาณเพกตินสูงประมาณร้อยละ 3.19
โดยน้ำหนักแห้ง [12] รองลงมา คือ เนื้อมะม่วงและ
มะขามประมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนักแห้ง [12,13]
เนื้อมะละกอร้อยละ 0.46 โดยน้ำหนักแห้ง เนื้อฟัก
เขียวร้อยละ 0.40 โดยน้ำหนักแห้ง และกระเจียบเขียว
ร้อยละ 0.17 โดยน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้ปริมาณมาเพกติน
ขึ้นอยู่กับอายุของพืช [12] ในส่วนของรสเปรี้ยวของ
ทอปปี้เกิดจากองค์ประกอบของวัตถุดิบที่เป็นกรด
โดยเฉพาะไฮโดรเจนไอออน ความเปรี้ยวขึ้นอยู่กับ
ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนซึ่งสัมพันธ์กับค่า
ความเป็นกรดต่าง กรดอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบใน

ผลไม้ เช่น กรดซิตริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก ทำให้
เกิดรสเปรี้ยว [9] ปัจจัยที่ส่งผลต่อสีของทอปปี้
เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด [9]
และการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุที่อยู่ในผลไม้
คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุที่มีสีเขียวอยู่ในคลอโรพลาสต์
มีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช
เพื่อสร้างเป็นน้ำตาลกลูโคส คลอโรฟิลล์ไม่คงตัวต่อ
ความร้อน เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นฟิโอฟิติน
ทำให้สีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเขียวน้ำตาล รวมถึงแคโรที
นอยด์เป็นรงควัตถุสีเหลือง ส้ม แดง และส้ม-แดง พบ
ทั่วไปในพืชทำงานร่วมกับคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์มี
ความคงทนต่อความเป็นกรดและด่าง แต่ไวต่อแสงแดด
และความร้อน ซึ่งเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
[10]

Table 3 Hardness, pH and color of Indian gooseberry toffee with fresh of papaya, wax gourd, okra, tamarind and mango

Formulas	Hardness (N)	pH	Colors		
			L*	a*	b*
Control	9.17±0.15 ^a	2.24±0.02 ^f	40.60±0.31 ^b	2.80±0.14 ^c	3.76±0.20 ^e
Papaya	8.22±0.01 ^b	3.28±0.01 ^a	39.04±0.03 ^c	3.72±0.09 ^b	6.73±0.17 ^b
Wax gourd	6.35±0.04 ^d	2.95±0.04 ^c	34.70±0.03 ^e	4.35±0.06 ^a	6.17±0.15 ^c
Okra	6.52±0.08 ^c	3.16±0.02 ^b	30.33±0.09 ^f	-0.28±0.02 ^f	7.18±0.12 ^a
Tamarind	6.45±0.05 ^{cd}	2.43±0.02 ^e	38.38±0.19 ^d	-0.04±0.04 ^e	4.65±0.15 ^d
Mango	8.25±0.03 ^b	2.65±0.03 ^d	42.37±0.27 ^a	1.77±0.18 ^d	3.75±0.28 ^e

mean±SD; ^{a-f} means within each column indicate significant differences ($p \leq 0.05$) using Duncan's multiple range test.

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส
ด้านความชอบกับผู้บริโภคทั่วไป 30 คน โดยวิธี
9-point hedonic scale (ตารางที่ 4) พบว่าทอปปี้ทุก
สูตรมีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏและกลิ่นไม่
แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนของคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ

สูตรกระเจียบเขียวมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด (7.89±0.95)
ด้านเนื้อสัมผัสสูตรมะม่วงมีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด
(7.73±0.69) และด้านความชอบรวมสูตรกระเจียบ
เขียวและสูตรมะม่วงมีคะแนนเฉลี่ยสูง ซึ่งไม่แตกต่าง
กันทางสถิติและมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าสูตรควบคุม ผล

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า การเติม กระเจี๊ยบเขียว มะขาม มะม่วง ช่วยปรับปรุงรสชาติ ของทอฟฟี่ให้รสฝาดและขมของมะขามป้อมลดลงได้ ส่วนการเติมผักเขียวและมะละกอทำให้รสชาติโดยรวม ไม่ต่างจากสูตรควบคุม ผลิตรสชาติทอฟฟี่มะขามป้อมที่ ผลิตได้มีคุณภาพมาตรฐานสอดคล้องกับมาตรฐาน ผลิตรสชาติทอฟฟี่ โดยทอฟฟี่ต้องมีเนื้อละเอียด เนียน คงรูป ไม่เยิ้ม เนื้อสัมผัสต้องมีลักษณะนิ่มจนถึงค่อนข้าง แข็ง มีสีและกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของทอฟฟี่และ ส่วนประกอบที่ใช้ ปริมาณความชื้นของทอฟฟี่ต้องไม่ เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก [3] ลักษณะที่เป็นจุดเด่น ของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่มะขามป้อมที่ผลิตได้ คือ เป็น

ผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติที่หลากหลาย เช่น รสมะม่วง รส กระเจี๊ยบเขียว อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากวัตถุดิบหลักคือมะขามป้อมเป็นผลไม้ที่มี วิตามินซีสูง ตอบโจทย์ให้กับกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ โดยทำให้มะขามป้อมซึ่งมีรสเปรี้ยว ฝาด ขม และ รับประทานยากนั้น แปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มได้เป็น ผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติอร่อยสะดวกในการรับประทาน ตรงกับวิถีชีวิตของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน นอกจากนี้ การใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นที่หาได้ตามฤดูกาล ราคาถูก ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตทอฟฟี่ลดลง และได้ผลิตภัณฑ์ ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของท้องถิ่น

Table 4 The liking score (n = 30) for six formulations of Indian gooseberry toffee with fresh of papaya, wax gourd, okra, tamarind and mango

Formulas	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall liking
Control	7.57±1.04 ^{ns}	7.17±1.37 ^{ns}	7.07±0.87 ^c	7.33±0.80 ^{ab}	7.30±1.15 ^{ab}
Papaya	7.67±0.92 ^{ns}	7.13±1.33 ^{ns}	7.37±0.96 ^{bc}	7.53±0.82 ^a	7.57±1.04 ^{ab}
Wax gourd	7.30±1.15 ^{ns}	7.23±1.30 ^{ns}	7.03±0.85 ^c	7.00±0.98 ^b	7.07±1.08 ^b
Okra	7.50±1.01 ^{ns}	7.57±0.94 ^{ns}	7.89±0.95 ^a	7.63±0.81 ^a	7.67±1.03 ^a
Tamarind	7.63±1.00 ^{ns}	7.70±1.18 ^{ns}	7.58±0.93 ^{ab}	7.60±0.86 ^a	7.57±1.14 ^{ab}
Mango	7.70±0.95 ^{ns}	7.60±1.04 ^{ns}	7.80±0.85 ^{ab}	7.73±0.69 ^a	7.77±1.01 ^a

mean±SD; ^{a-c} means within each column indicate significant differences ($p \leq 0.05$); ^{ns} means within each column indicate non-significant differences ($p > 0.05$) using Duncan's multiple range test.

4. สรุป

สูตรที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่มะขามป้อม จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ ประกอบด้วย เนื้อมะขามป้อมร้อยละ 34 น้ำตาลทรายร้อยละ 33 และน้ำร้อยละ 33 ทอฟฟี่ที่ผลิตได้เป็นผลิตภัณฑ์ ทางเลือกที่สามารถตอบสนองความต้องการของ ผู้บริโภคที่นิยมรับประทานมะขามป้อมได้ ทั้งยังเป็นการนำผลผลิตทางการเกษตรในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิด

ประโยชน์ ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ที่รู้จักแพร่หลายมากขึ้น องค์ความรู้ที่ได้จากการ ศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา ผลิตภัณฑ์อาหารจากมะขามป้อมที่สามารถต่อยอดสู่ การผลิตในเชิงพาณิชย์ อาจมีการศึกษาพัฒนาารูปแบบ ของบรรจุภัณฑ์และการบรรจุในสภาพดัดแปลง บรรยากาศ (modified atmosphere packaging) เพื่อ ยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมะขามป้อม จังหวัดสระแก้ว ที่อนุเคราะห์ให้วัตถุดิบและข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

6. References

- [1] Thothong, S., Kameesak, S., Chalaket, J., Eakkapan, A. and Aonboon, P., 2016, Physical characteristics of different varieties of *Phyllanthus emblica*, Songklanakarin J. Plant Sci. 3 (3)(Suppl.): 13-22. (in Thai)
- [2] Pitiporn, S., 2016, Indian Gooseberry, Available Source: [http://lib3.dss.go.th/fulltext/techno_file/CF8 1 / CF8 1 \(D3 \) . pdf](http://lib3.dss.go.th/fulltext/techno_file/CF8%201%20(D3).pdf), February 9, 2019. (in Thai)
- [3] Thai Industrial Standards Institute, 2016, Community Product Standards: Toffee (256/2559), Available Source: <https://www.tisi.go.th>, February 9, 2019. (in Thai)
- [4] Duncan, D.B., 1995, Multiple range and multiple F-tests, Biometrics, 11: 1-42.
- [5] Rungsadthong, V., 2014, Food Processing Technology, King Mongkut's University of Technology North, Text and Journal Publication Co. Ltd., Bangkok, 477 p. (in Thai)
- [6] Pornchaloempong, P. and Rattanapanone, N., Evaporation, Available Source: <http://www.foodnetworksolution.com>, February 5, 2019. (in Thai)
- [7] Kaewnoo, T. and Phonrak, H., 2017, Sugar science, J. Sugar 1(1): 33-51. (in Thai)
- [8] Charoenrein, S and Reepholkul, K., 2013, Glass transition of sugar during production of peanut brittle, Food 43(3): 74-81. (in Thai)
- [9] Rattanapanone, N., 2014, Food Chemistry, Bangkok, Odeon Store, 504 p. (in Thai)
- [10] Suphamityotin, P., 2013, Fruit and Vegetable Technology, Bangkok, Odeon Store, 280 p. (in Thai)
- [11] Niwaspragrit, C., Munyanont, M., Jaisin, Y. and Ratanachamnong, P., 2013, Study on physical properties, hydrolyzable tannin contents and free radical scavenging activities of *Phyllanthus emblica* Linn. from Kanchanaburi province, Thai J. Pharm. 35(1): 3-13. (in Thai)
- [12] Thonkaew, J., 2000, Determination of Pectin Content from Melon Plant, Research Report, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, 43 p. (in Thai)
- [13] Bello-Perez, L.A., Garcia-Suarez, F.J.L. and Agama-Acevedo, E., 2007, Mango carbohydrates, J. Food. 1: 36-40.