

บทความวิจัย

การใช้ประโยชน์จากน้ำอ้อยในผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่ Utilization of Sugar Cane in Toffee Products

นรินทร์ เจริญพันธ์^{1*} และ กนกพร ภาคิฉาย²
Narin Charoenphun^{1*} and Kanokporn Pakeechai²

Received: April 11, 2019

Revised: August 7, 2019

Accepted: August 8, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่ โดยวางแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ ซึ่งประกอบด้วยน้ำอ้อยก้อนร้อยละ 0 ถึง ร้อยละ 40 น้ำตาลทรายขาวร้อยละ 0 ถึง ร้อยละ 40 และกลูโคสไซรัปร้อยละ 0 ถึง ร้อยละ 60 ได้ส่วนประกอบหลักของทอฟฟี่จำนวน 7 สูตร วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน พบว่า ปริมาณกลูโคสไซรัปมีบทบาทสำคัญต่อความหนืด ความแข็ง ความชื้น และค่าสีของทอฟฟี่ โดยสูตรที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่คือ สูตรที่มีน้ำอ้อยก้อน น้ำตาลทรายขาว และกลูโคสไซรัปร้อยละ 40 0 และ 60 ตามลำดับ เป็นสูตรที่ได้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ (7.13±0.74) กลิ่น (7.27±0.88) การเคี้ยว (7.07±0.70) ความเหนียว (7.00±0.85) เนื้อสัมผัส (7.07±0.80) รสชาติ (7.20±1.08) และความชอบรวม (7.13±0.92) สูงที่สุด การศึกษาผลของอุณหภูมิที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของทอฟฟี่ พบว่า ค่าความชื้นของทอฟฟี่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ค่าความแข็งและความหนืดแปรผันตรงกับอุณหภูมิ และค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการกวนเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่คือ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นอกจากนี้การพัฒนากลิ่นและรสชาติของทอฟฟี่ให้มีความหลากหลายด้วยการเติมกาแฟ ชาเขียว โกโก้ หรือมะนาวผง ซึ่งมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบไม่แตกต่างกันในทางสถิติ เนื่องจากน้ำอ้อยซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น จึงเหมาะแก่การนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร และทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลายเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค

คำสำคัญ: ทอฟฟี่ น้ำอ้อยก้อน กลูโคสไซรัป

ABSTRACT

This research aimed to optimize the formula to produce toffees. The seven formulas of toffees consisting of sugar cane (0-40%), granulated sugar (0-40%) and glucose syrup (0-60%) were studied by using Mixture Design. Physical properties and sensory evaluation by trained panelists were investigated. The results showed that glucose syrup contents had a significant role on viscosity, hardness, moisture content and color value of toffees. Obviously, an optimum formula of toffees was 40% sugar cane, 0% granulated sugar and 60% glucose syrup, respectively. This formula had the highest score of appearance (7.13±0.74), flavor (7.27±0.88), chewing (7.07±0.70), stickiness (7.00±0.85) texture (7.07±0.80), taste (7.20±1.08) and overall liking (7.13±0.92). Furthermore, effects of different temperatures on the quality of toffees were studied. The results indicated that the moisture content tends to decrease when the temperature increased. The hardness and viscosity of toffees varied directly with temperature, and brightness of toffee (L*) tended to decrease when the temperature increased. Interestingly, the optimum temperature for toffee production is 120°C for 15 minutes. In addition, the development of varied flavor and taste of toffee by adding coffee, green tea, cocoa and lime powder were investigated. There was not a statistical significance in sensory evaluation. Since the sugar cane is the availability of a local raw material, it is suitable for toffee production and it will also increase value-added agricultural products as well as make a variety of food products as new choices for consumers.

Keywords: toffee, sugar cane, glucose syrup

* Corresponding author e-mail: narinch@buu.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สระแก้ว

²คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ศูนย์วาสุกรี พระนครศรีอยุธยา

บทนำ

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมน้ำตาลของประเทศ โดยมีปลูกมากในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี 2561 อ้อยสดที่ส่งเข้าโรงงานน้ำตาลมีผลผลิตรวมทั้งหมดประมาณ 135 ล้านตัน [1] อ้อยที่ใช้บริโภค แบ่งได้เป็นอ้อยเคี้ยว อ้อยคั้นน้ำ และอ้อยอุตสาหกรรมซึ่งเป็นอ้อยที่มีความหวานมากที่สุด ในลำต้นอ้อยมีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ มีน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 73-76 และมีส่วนที่เป็นของแข็งทั้งหมดประมาณร้อยละ 24-27 ซึ่งส่วนใหญ่คือเส้นใย ในน้ำอ้อยส่วนใหญ่มีน้ำประมาณร้อยละ 84-90 แต่พบว่าส่วนที่เป็นของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำอ้อยมีปริมาณน้ำตาลสูง [2] โดยเฉพาะน้ำตาลซูโครสร้อยละ 8-12 ที่สามารถตกผลึกเป็นน้ำตาลทราย นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน [3] ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพหรือความหวานของอ้อย โดยเฉพาะช่วง 3 เดือนสุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยว ได้แก่ อายุของอ้อย ความชื้น อุณหภูมิ และแสงแดด โดยทั่วไปอ้อยที่ให้ความหวานสูงต้องมีอายุที่เหมาะสม ควรมีอายุตั้งแต่ 12 เดือนขึ้นไป [2] สภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนส่งผลต่อปริมาณผลผลิตอ้อย ในช่วงที่มีปริมาณผลผลิตออกมามากอ้อยมีราคาถูก ส่งผลกระทบต่อรายได้ที่ลดลงของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย การแปรรูปอ้อยเป็นน้ำอ้อยก่อนเพื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารจะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับอ้อยซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น และช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นในช่วงที่อ้อยมีราคาผลผลิตตกต่ำ ทอฟฟี่ (toffee) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำด้วยน้ำตาล มีลักษณะนิ่มจนถึงค่อนข้างแข็ง ได้จากน้ำตาล กลูโคสไซรัปและอาจมีส่วนประกอบอื่น เช่น นม เนื้อมะขาม เนื้อทุเรียน มากรวนจนเหนียวได้ที่ แล้วทำให้เป็นรูปร่างตามต้องการ อาจปรุงแต่งสี กลิ่นรส หรือเนื้อสัมผัสด้วยส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสม เช่น เกลือ กะทิ ถั่วลิสง [4] โดยทั่วไปการผลิตทอฟฟี่จะใช้น้ำตาลทรายเป็นวัตถุดิบในการผลิต อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าน้ำตาลขาวจะผลิตมาจากอ้อยซึ่งต้องนำไปผ่าน

กระบวนการผลิตที่ซับซ้อนหลายขั้นตอนทำให้น้ำตาลทรายขาวมีราคาสูง และในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายต้องกำจัดองค์ประกอบทางเคมีอื่นในน้ำอ้อยสดออกรวมทั้ง โปรตีน กรดอินทรีย์ วิตามิน แร่ธาตุ รวมถึงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์อื่นๆ ในน้ำอ้อยสดออกจนได้เป็นน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ การนำน้ำอ้อยคั้นสดมาผ่านกระบวนการทำให้เข้มข้นด้วยความร้อนได้เป็นน้ำอ้อยก๊อมนซึ่งเกษตรกรสามารถทำได้ง่าย กระบวนการไม่ซับซ้อน อีกทั้งน้ำอ้อยก๊อมนที่ได้ยังคงคุณค่าทางโภชนาการอื่นสูงกว่าน้ำตาลทรายขาว และมีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์ของน้ำอ้อย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่จากอ้อยก๊อมนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ สามารถทดแทนการใช้น้ำตาลทรายขาวและช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่น้ำอ้อย และการพัฒนารสชาติให้มีความหลากหลาย โดยประเมินสมบัติกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคเพื่อคัดเลือกสูตรต้นแบบของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่น้ำอ้อย องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการแปรรูปอ้อยเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร สร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในท้องถิ่น รวมถึงการพัฒนาต่อยอดเพื่อการผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไปได้

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การศึกษาผลของน้ำอ้อยก๊อมน น้ำตาลทรายขาว และกลูโคสไซรัปต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่

การทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่ ใช้แผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ (mixture designs) โดยกำหนดปริมาณน้ำอ้อยก๊อมนอยู่ในช่วงร้อยละ 0 ถึง 40 น้ำตาลทรายขาวร้อยละ 0 ถึง 40 และกลูโคสไซรัปร้อยละ 0 ถึง 60 คัดเลือกสูตรสำหรับใช้ในการทดลอง โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกจุดบนพื้นที่รูปสามเหลี่ยม จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ ที่กระจายอยู่ทุกๆ ส่วนของบริเวณที่กำหนด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมสูตรในขอบเขตที่แปรผันส่วนประกอบมากที่สุด ได้สูตรที่คัดเลือกมา 7 สูตร ดังแสดงใน Table 1

* Corresponding author e-mail: narinch@buu.ac.th

¹Faculty of Agricultural Technology, Burapha University Sakaeo Campus, Sakaeo

²Faculty of Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of Technology Suvanabhumi, Ayutthaya

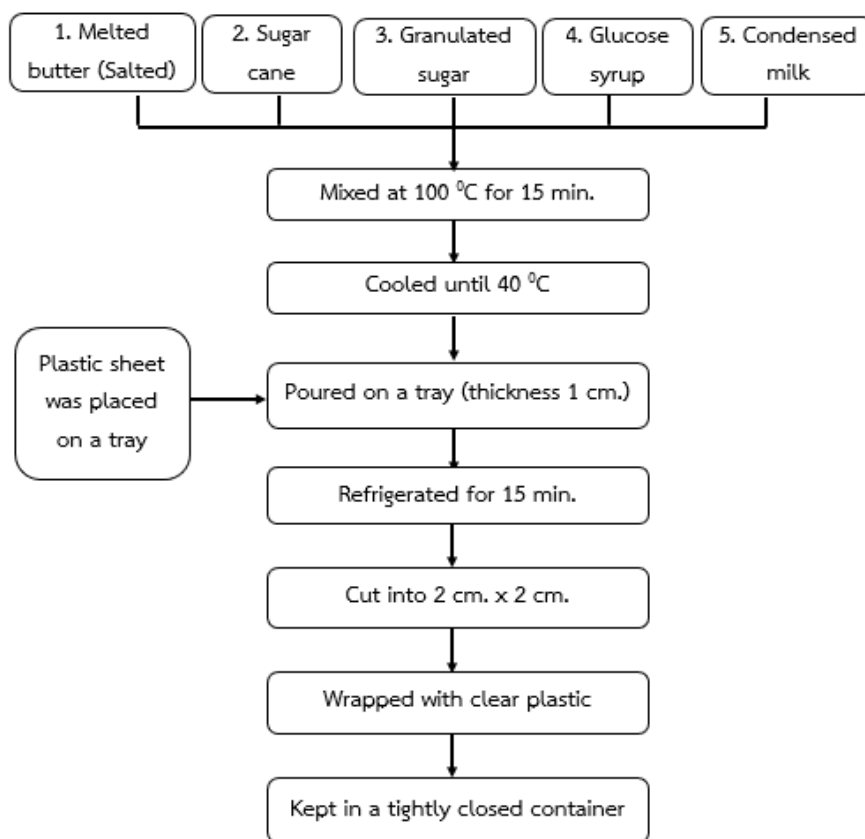
Table 1 Formulation of toffee by a 3-component* mixture design

Formulation	1	2	3	4	5	6	7
Sugar cane (%)	40	0	40	14	43	34	27
Granulated sugar (%)	40	40	0	33	33	13	27
Glucose syrup (%)	20	60	60	53	33	53	46

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

น้ำอ้อยก่อนที่นำมาใช้ในการทดลองซื้อจากเกษตรกรผู้ผลิตน้ำอ้อยก่อนในพื้นที่อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว ซึ่งส่วนผสมของน้ำอ้อยก่อน น้ำตาลทรายขาว และกลูโคสไซรัป ตามสูตรใน Table 1 ในทุก

สูตรจะมีการเติมเนยสดชนิดเค็มร้อยละ 40 และนมข้นหวานร้อยละ 60 ของส่วนผสมทั้งหมด (น้ำอ้อยก่อน น้ำตาลทรายขาว และกลูโคสไซรัป) วิธีการผลิตทอฟฟี่แสดงใน Figure 1

**Figure 1** Flowchart for production of toffee

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ สังเกตลักษณะปรากฏของทอฟฟี่ทั้ง 7 สูตร วัดความแข็งของทอฟฟี่ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Daiichi FG 520K, Japan) ค่าแรงกดที่วัดได้เป็นหน่วยนิวตัน (N) 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) วัดความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้น (Moisture Meter, GM640, China)

* Corresponding author e-mail: narinch@buu.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สระแก้ว

²คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยาดอนเมือง ศูนย์วาสุกรี พระนครศรีอยุธยา

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 15 คน คะแนน 1 ถึง 9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น การเคี้ยว ความเหนอะ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม โดยวิธี 9-point hedonic ใช้วิธี One-way ANOVA โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan's new multiple-range Test (DMRT) [5] ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม 1 สูตร เพื่อผลิตเป็นทอฟฟี่ โดยค่าคุณภาพที่ได้คือค่าความแข็ง ค่าที่ได้จากการวัดสี ความชื้น และผลจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส คัดเลือกสูตรที่เหมาะสม โดยนำค่าความแข็ง ความชื้น ความหนืด และค่าสีมาสร้างกราฟคอนทัวร์ (contour plot) มาซ้อนทับกันเพื่อหาจุดที่เหมาะสมของปริมาณน้ำอ้อยก่อน ปริมาณน้ำตาลทรายขาว และปริมาณกลูโคสไซรัป เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตทอฟฟี่ต่อไป

2. การศึกษาผลของอุณหภูมิในการผลิตที่แตกต่างกัน ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่

ทำการผลิตทอฟฟี่ด้วยสูตรที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 1 ให้ความร้อนด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกันที่ 100 120 และ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที วัดอุณหภูมิด้วยเครื่อง Infrared thermometer (Anggo, GM320, China) ยกเว้นจากเตา พักไว้พออุ่น อุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส วัดความหนืด (CSC scientific bostwick consistometer, 24925-000, USA) จากนั้นเทใส่ลงถาดที่ปูด้วยพลาสติกใสรองไว้ให้มีความหนา 1 เซนติเมตร พักไว้จนเย็นสนิท นำถาดเข้าแช่ไว้ในตู้เย็นประมาณ 15 นาที นำออกมาตัดเป็นชิ้นขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร x ยาว 2 เซนติเมตร ห่อด้วยพลาสติกใส เก็บในภาชนะบรรจุปิดสนิท

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ สังเกตลักษณะปรากฏของทอฟฟี่ วัดความแข็งของทอฟฟี่ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Daiichi FG

520K, Japan) ค่าแรงกดที่วัดได้เป็นหน่วยนิวตัน (N) วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter, WR10QC, China) ด้วยระบบ CIE โดยค่า L^* หรือความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว), ค่า a^* (+a = สีแดง, -a = สีเขียว) และ ค่า b^* (+b = สีเหลือง, -b = สีนํ้าเงิน)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 15 คน คะแนน 1 ถึง 9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น การเคี้ยว ความเหนอะ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม โดยวิธี 9-point hedonic ใช้วิธี One-way ANOVA โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan's new multiple-range Test (DMRT) [5] ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกเวลาที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่

3. การศึกษาผลของการแต่งกลิ่นรสด้วยกาแฟ โกโก้ ชาเขียว และมะนาวผงต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่

ศึกษาผลของการเติมกาแฟ โกโก้ ชาเขียว และมะนาวผงต่อคุณภาพของทอฟฟี่ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design : CRD) เปรียบเทียบทอฟฟี่สูตรที่ถูกคัดเลือกจากข้อ 1 (สูตรควบคุม) กับสูตรที่มีการเติมกาแฟ โกโก้ ชาเขียว และมะนาวผง ร้อยละ 2 ของส่วนผสมทั้งหมด (น้ำอ้อยก่อนน้ำตาลทรายขาว และกลูโคสไซรัป) ทำการผลิตทอฟฟี่ตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น โดยเลือกอุณหภูมิในการให้ความร้อนที่เหมาะสมในข้อ 2 สังเกตลักษณะปรากฏของทอฟฟี่ทั้ง 5 สูตร และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมกับผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 15 คน โดยวิธี 9-point hedonic scale วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี One-way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple-range Test [5] ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95

* Corresponding author e-mail: narinch@bua.ac.th

¹Faculty of Agricultural Technology, Burapha University Sakaeo Campus, Sakaeo

²Faculty of Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of Technology Suvanabhumi, Ayutthaya

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของน้ำอ้อยก้อน น้ำตาลทรายขาว และกลูโคสไซรัปต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่

จากการสังเกตลักษณะปรากฏของทอฟฟี่ทั้ง 7 สูตร (Figure 2) พบว่า ทอฟฟี่ทั้ง 7 สูตรให้ลักษณะปรากฏที่แตกต่างกัน สูตรที่ 1 การตัดขึ้นรูปแตกหักง่าย รสกลมกล่อม กลิ่นหอม น้ำอ้อยชัดเจน สูตรที่ 2 การตัดขึ้นรูปยาก แตกหักง่าย แข็งมาก รสหวานแหลม ไม่มีกลิ่นน้ำอ้อย สูตรที่ 3 การตัดขึ้นรูปง่าย รสชาติหวานกลมกล่อม กลิ่นหอมของน้ำอ้อยชัดเจน สูตรที่ 4 การตัดขึ้นรูปยาก เหนียวมาก รสหวานแหลม กลิ่นน้ำอ้อย

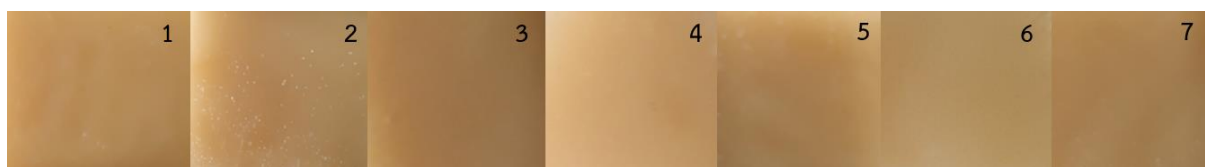


Figure 2 Appearance on the surface of the toffee for seven formulations by a 3-component mixture design

Figure 3 แสดง Contour plots ผลของน้ำอ้อยก้อน น้ำตาลทรายขาว และกลูโคสไซรัปต่อความหนืด ความแข็ง ปริมาณความชื้น และค่าสีของทอฟฟี่ ค่าความหนืดของทอฟฟี่ก่อนแข็งตัว พบว่า ค่าความหนืดของทอฟฟี่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยค่าความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแปรผันตรงกับปริมาณน้ำตาลทรายขาว และกลูโคสไซรัปในสูตร ความหนืดของน้ำตาลเป็นการต้านทานการไหล มีความสำคัญต่อความชื้นและการคงรูปของผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่ เมื่ออุณหภูมิลดลง สารละลายน้ำตาลจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มขึ้น ความหนืดจะเพิ่มขึ้น ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความเข้มข้นของสารละลายมากกว่าร้อยละ 40 [6] โดยทั่วไปน้ำอ้อยก้อน น้ำตาลทรายขาว และกลูโคสไซรัป มีลักษณะการผลิตแตกต่างกัน โดยน้ำอ้อยก้อนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำน้ำอ้อยที่ได้จากการหีบมาเคี้ยวจนขึ้นเหนียว เเทลงใน

ค่อนข้างอ่อน สูตรที่ 5 การตัดขึ้นรูปง่าย รสชาติหวานกลมกล่อม กลิ่นน้ำอ้อยเล็กน้อย สูตรที่ 6 และ 7 การตัดขึ้นรูปยาก รสชาติหวานกลมกล่อม กลิ่นน้ำอ้อยเล็กน้อย โดยภาพรวมทอฟฟี่ทั้ง 7 สูตรมีสีน้ำตาลอ่อนและมีความเหนียวเหมือนทอฟฟี่คาราเมล ลักษณะปรากฏที่แตกต่างกันของทอฟฟี่ทั้ง 7 สูตร เป็นผลของปริมาณน้ำอ้อยก้อน น้ำตาลทรายขาว และกลูโคสไซรัปในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน และผลจากปฏิบัติการเฉพาะหน่วยระหว่างกระบวนการผลิตและการให้ความร้อนด้วยวิธีการระเหย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของทอฟฟี่ อาทิ กลิ่นและสีเปลี่ยนไป และความหนืด เป็นต้น

แบบพิมพ์ ที่ไว้จนแข็งตัว [7] น้ำตาลทรายขาวเป็นน้ำตาลซูโครสที่อยู่ในรูปผลึก มีสีขาวถึงสีเหลืองอ่อน มีกากน้ำตาล และความชื้นน้อย เกิดน้ำตาลจับตัวไม่แน่น มีความร่วน กลูโคสไซรัปเป็นน้ำเชื่อมที่ได้จากการย่อยแป้งหรือน้ำตาลซูโครสจนได้น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลฟรุกโทส และแยกน้ำตาลฟรุกโทสออกเหลือเฉพาะน้ำตาลกลูโคส เป็นน้ำตาลที่มีความหวานปานกลาง มีลักษณะเหนียวใส และข้นเหนียว [8] กลูโคสไซรัปที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร คือ ชนิด 38-42 DE (dextrose equivalent) [9] กระบวนการผลิตที่แตกต่างกันส่งผลให้น้ำอ้อยก้อน น้ำตาลทรายขาว และกลูโคสไซรัป มีลักษณะทางเคมีกายภาพแตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าความหนืดของทอฟฟี่ โดยทอฟฟี่ที่มีปริมาณกลูโคสไซรัปและน้ำตาลทรายสูงจะมีค่าความหนืดสูง

ค่าความแข็งของทอฟฟี่ก่อนแข็งตัว พบว่า ค่าความแข็งของทอฟฟี่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยค่า

* Corresponding author e-mail: narinch@buu.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สระแก้ว

²คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์ ศูนย์วาสุกรี พระนครศรีอยุธยา

ความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแปรผันตรงกับปริมาณกลูโคสไซรัปในสูตร กลูโคสไซรัปทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเกิดการเกาะตัวกันแน่นขึ้น เมื่อปริมาณของกลูโคสไซรัปเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งเพิ่มขึ้น [9] สอดคล้องกับรายงานของณัฐนันท์ และกิตติพงษ์ [10] ศึกษาผลของปริมาณกลูโคสไซรัปต่อค่าความแข็งของทอฟฟี่มะม่วงพบว่า ความแข็งของทอฟฟี่มีแนวโน้มแปรผันตรงกับปริมาณกลูโคสไซรัปในการผลิตทอฟฟี่ ในส่วนของปริมาณความชื้น พบว่า ปริมาณความชื้นของทอฟฟี่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแปรผันตรงกับปริมาณกลูโคสไซรัปและปริมาณน้ำอ้อยก้อนในสูตร โดยทั่วไปทอฟฟี่และคาราเมลเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มลูกอมชนิดเคี้ยว เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ต้องต้มน้ำตาลที่มีอุณหภูมิสูง แต่ไม่สูงเท่าลูกกวาดเนื้อแข็งส่วนที่แตกต่างจากลูกกวาดเนื้อแข็งคือมีส่วนผสมที่เป็นนมหรือผลิตภัณฑ์จากนมรวมทั้งไขมันอยู่ด้วย มีความชื้นอยู่ในช่วงกว้างโดยทั่วไป

ระหว่างร้อยละ 6-8 ซึ่งจะเป็นกลุ่มที่มีเนื้อสัมผัสแข็งเล็กน้อยแต่บางอย่างอาจมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 12 นิยมนำไปใช้เป็นไส้ผลิตภัณฑ์ [8] ความชื้นของทอฟฟี่ที่ผลิตได้เป็นไปตามมาตรฐานของทอฟฟี่ที่ต้องมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก [4] ในระหว่างกระบวนการกวนทอฟฟี่เป็นการทำให้เข้มข้นด้วยความร้อน น้ำบางส่วนระเหยจากผิวหน้าของส่วนผสมระหว่างการกวน แต่ยังคงมีน้ำบางส่วนหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่ จาก Contour plots ความชื้นของทอฟฟี่มีแนวโน้มแปรผันตรงกับปริมาณน้ำอ้อยก้อนและกลูโคสไซรัปอาจเนื่องจากกลูโคสไซรัปมีความชื้นร้อยละ 20-30 [11] และน้ำอ้อยก้อนมีความชื้นร้อยละ 7-8 [12] ซึ่งสูงกว่าความชื้นในน้ำตาลทรายขาวที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 0.04-0.1 [13] โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี [12] นอกจากนี้กลูโคสไซรัปซึ่งมีลักษณะเหนียว อาจจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากทำให้การระเหยน้ำเกิดได้ยาก [14]

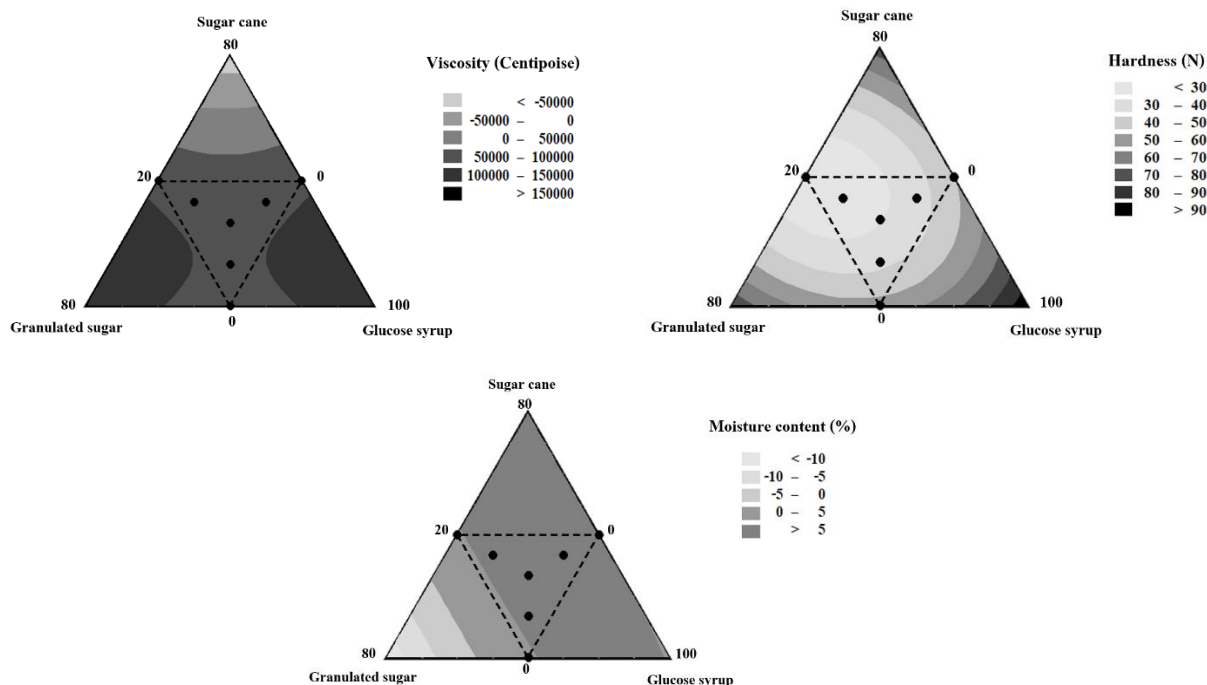


Figure 3 Viscosity, hardness and moisture content of toffee by a 3-component mixture design

* Corresponding author e-mail: narinch@bua.ac.th

¹Faculty of Agricultural Technology, Burapha University Sakaeo Campus, Sakaeo

²Faculty of Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of Technology Suvanabhumi, Ayutthaya

การวิเคราะห์ค่าสีระบบ CIE ค่า L^* a^* และ b^* ของทอฟฟี่ทั้ง 7 สูตร (Figure 4) แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) พบว่า ค่า L^* (ความสว่าง) มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณน้ำตาลอ้อยก้อนเพิ่มขึ้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่า a^* และค่า b^* มีแนวโน้มอยู่ในช่วงสีแดงและเหลือง ค่า a^* และค่า b^* มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณกลูโคสไซรัปเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับสีที่สังเกตจากลักษณะปรากฏสีเมื่อเพิ่มปริมาณอ้อยก้อนและน้ำตาลทรายทอฟฟี่จะมีสีออกน้ำตาลเข้มขึ้น สี

น้ำตาลของทอฟฟี่อาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ในส่วนผสมของทอฟฟี่นอกจากน้ำตาลอ้อยก้อน น้ำตาลทรายขาว กลูโคสไซรัป ยังมีเนยสดชนิดเค็ม และนมข้นหวาน ปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ กับกรดแอมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยาผลิตผลที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นสารประกอบหลายชนิด ที่ให้สีน้ำตาลและกลิ่นรสต่างๆ [9]

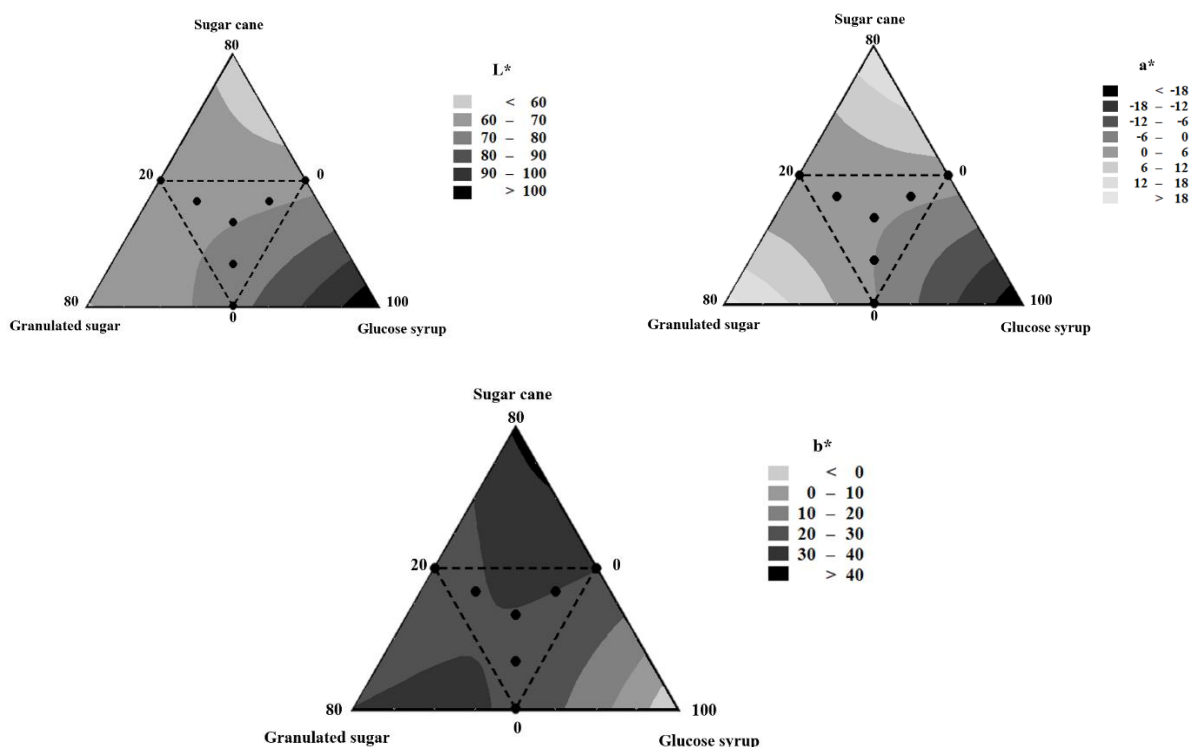


Figure 4 Color of toffee by a 3-component mixture design

ผลของน้ำตาลอ้อยก้อน น้ำตาลทรายขาว และกลูโคสไซรัปต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่ (Table 2) พบว่า คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบ โดยวิธี 9-point hedonic scale ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น การเคี้ยว ความเหนอะ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) สูตรที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลอ้อยก้อนร้อยละ 40 น้ำตาลทรายร้อยละ 0 กลูโคสไซรัปร้อยละ 60 เป็นสูตรที่มีคะแนนเฉลี่ยด้าน

ลักษณะปรากฏ (7.13 ± 0.74) กลิ่น (7.27 ± 0.88) การเคี้ยว (7.07 ± 0.70) ความเหนอะ (7.00 ± 0.85) เนื้อสัมผัส (7.07 ± 0.80) รสชาติ (7.20 ± 1.08) และความชอบรวม (7.13 ± 0.92) สูงที่สุด ซึ่งอยู่ในระดับชอบปานกลาง สอดคล้องกับผลจากการสังเกตลักษณะปรากฏ สูตรที่ 3 การตัดชิ้นรูปร่าง รสชาติหวานกลมกล่อม กลิ่นหอมของน้ำตาลอ้อยชัดเจน ผู้ทดสอบให้ข้อเสนอแนะอยากให้ปรับปรุง

* Corresponding author e-mail: narinch@buu.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สระแก้ว

²คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ศูนย์วาสุกรี พระนครศรีอยุธยา

ด้านเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง และความคงรูปของทอฟฟี่
เพื่อความสะดวกในการรับประทาน

Table 2 The liking score (n = 15) for seven formulations of toffee

Formulas	Appearance	Flavor	Chewing	Stickiness	Texture	Taste	Overall liking
1	5.53±0.64 ^c	6.93±0.70 ^{ab}	5.33±0.49 ^{bc}	6.47±1.06 ^{ab}	5.87±0.74 ^{bc}	6.20±0.86 ^b	5.47±0.52 ^{bc}
2	5.00±0.85 ^c	5.13±0.64 ^c	5.07±0.70 ^c	4.33±1.18 ^d	4.27±1.16 ^d	5.27±0.96 ^c	4.53±0.52 ^c
3	7.13±0.74 ^a	7.27±0.88 ^a	7.07±0.70 ^a	7.00±0.85 ^a	7.07±0.80 ^a	7.20±1.08 ^a	7.13±0.92 ^a
4	5.07±0.88 ^c	5.33±0.98 ^c	5.20±0.86 ^{bc}	4.60±1.30 ^{cd}	4.93±1.75 ^{cd}	5.00±0.93 ^c	4.73±0.80 ^c
5	7.27±0.59 ^a	6.73±0.88 ^{ab}	6.07±1.71 ^b	6.27±2.19 ^{ab}	6.13±1.41 ^{ab}	6.40±0.99 ^b	6.27±1.87 ^{ab}
6	6.33±0.98 ^b	6.33±1.23 ^b	5.87±1.13 ^{bc}	6.07±0.96 ^{ab}	5.40±1.68 ^{bc}	6.13±0.74 ^b	5.80±1.66 ^b
7	6.27±1.75 ^b	5.33±1.54 ^c	5.40±1.45 ^{bc}	5.47±1.73 ^{bc}	5.33±1.55 ^{bc}	5.73±1.44 ^{bc}	5.53±1.85 ^{bc}

note: mean ±SD, ^{a-d} means within each column indicate significant differences ($P \leq 0.05$) using Duncan's multiple range test

เมื่อนำข้อมูลของค่าความหนืด ความแข็ง ปริมาณความชื้น และค่าสีมาสร้างกราฟคอนทัวร์ โดยนำกราฟมาซ้อนทับกันเพื่อหาพื้นที่ (Figure 5) ในการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม โดยเลือกจากพื้นที่ที่มีค่าความหนืดมีค่าอยู่ระหว่าง 80,000-90,000 เซนติพอยส์ ค่าความแข็งมีค่าอยู่ระหว่าง 40-60 นิวตัน ปริมาณความชื้นมีค่าอยู่ระหว่าง 3-8 ค่า L^* มีค่าอยู่ระหว่าง 60-70 ค่า a^* มีค่าอยู่ระหว่าง 0-4 และค่า b^* มีค่าอยู่ระหว่าง 20-40 เป็นเกณฑ์กำหนดในการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสม จาก Figure 5 พบว่า พื้นที่ทับกัน (อักษร A)

เป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมของส่วนผสมในการผลิตทอฟฟี่ โดยสูตรที่ 3 เป็นสูตรที่มีปริมาณอยู่ในพื้นที่ทับกัน ซึ่งมีปริมาณน้ำอ้อยก้อนร้อยละ 40 น้ำตาลทรายร้อยละ 0 กลูโคสไซรัปร้อยละ 60 เมื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพิจารณาร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตลักษณะปรากฏ ความหนืด ปริมาณความชื้น ความแข็ง ค่าสี และคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรที่ 3 เป็นสูตรที่มีความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่ต่อไป

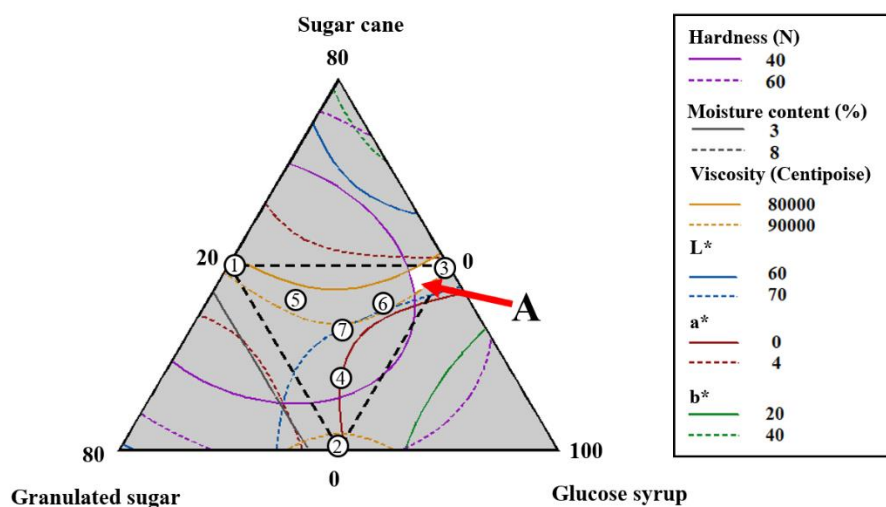


Figure 5 Contour plot for optimum overlapping (A) of toffee formulations

* Corresponding author e-mail: narinch@bua.ac.th

¹Faculty of Agricultural Technology, Burapha University Sakaeo Campus, Sakaeo

²Faculty of Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of Technology Suvanabhumi, Ayutthaya

2. ผลของอุณหภูมิในการผลิตที่ต่างกันต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่

จากการสังเกตลักษณะปรากฏของทอฟฟี่ที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยอุณหภูมิ 100 120 และ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที (Figure 6) พบว่า การให้ความร้อนที่ 120 องศาเซลเซียส ทอฟฟี่ให้ลักษณะปรากฏที่ดี เนื้อสัมผัสไม่แข็งหรือนิ่มจนเกินไป มีเนื้อละเอียด เนียน คงรูป ไม่เยิ้ม สีน้ำตาลอ่อน กลิ่นหอมไม่อ้อยไม่เหม็นไหม้ เมื่ออุณหภูมิในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นทอฟฟี่มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น มีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น ที่อุณหภูมิ 140 องศา



Figure 6 Appearance on the surface of the toffee at various temperatures

ผลของอุณหภูมิในการผลิตที่ต่างกันต่อปริมาณความชื้น ความแข็ง ความหนืด และค่าสีของทอฟฟี่ (Table 3) พบว่า ค่าความชื้นของทอฟฟี่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการกวน โดยการกวนร่วมกับการให้ความร้อนส่งผลต่อการระเหยของน้ำ มีผลต่อความหนืดของทอฟฟี่ โดยทั่วไปการใช้อุณหภูมิสูงจะเร่งให้เกิดการระเหยของน้ำได้เร็วกว่าอุณหภูมิต่ำ ค่าความแข็งและความหนืดแปรผันตรงกับอุณหภูมิในการกวน การเปลี่ยนแปลงค่าสี พบว่า ค่า L^* และค่า b^* มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการกวนเพิ่มขึ้น ค่า a^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการกวนเพิ่มขึ้น โดยค่าสีของทอฟฟี่อยู่ในช่วงสีแดงและเหลือง อาจเนื่องมาจากในระหว่างการให้ความร้อนเกิดการระเหยของน้ำ โดยโมเลกุลของน้ำบริเวณผิวหน้าหลุดออกไปเป็นแก๊ส เนื่องจากการเคลื่อนที่และเกิดการชนกันของโมเลกุล มีการแลกเปลี่ยนพลังงานซึ่งกันและกัน ทำให้แต่ละโมเลกุลของน้ำมีพลังงานจลน์แตกต่างไปจากพลังงานจลน์เฉลี่ย โมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูง ก็จะเอาชนะแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล และจะหลุดออกไปจากผิวหน้า

เซลเซียส ทอฟฟี่มีกลิ่นไหม้และแข็งตัวอย่างรวดเร็ว ระหว่างพักไว้ให้เย็น มีความเปราะ เมื่อเทียบกับทอฟฟี่ที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียสเนื้อสัมผัสของทอฟฟี่จะนิ่มกว่า อาจเนื่องจากการระเหยโมเลกุลของของเหลวให้หลุดออกจากผิวหน้าของของเหลว การระเหยของน้ำออกปริมาณมากมีผลกระทบทำให้อาหารมีกลิ่นและสีเปลี่ยนไป โดยเฉพาะการระเหยที่อุณหภูมิสูง เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด และปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล ทำให้อาหารมีสีเข้มขึ้น ทำให้สูญเสียสารให้กลิ่นบางชนิดที่ระเหยได้ง่ายออกไป คุณภาพของอาหารจะลดลง [15]

ของของเหลว และกลายเป็นแก๊ส อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลต่อระเหย โดยที่อุณหภูมิสูงของเหลวจะระเหยได้มาก นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น อาทิ ชนิดของของเหลว พื้นที่ผิวของของเหลว ความดันบรรยากาศ การถ่ายเทอากาศ เนื้อของเหลว และการคนหรือกวน [16] การเปลี่ยนแปลงของทอฟฟี่การให้ความร้อนอุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ทอฟฟี่อาจจะอยู่ในสภาวะกลาส (glass state) มีลักษณะแข็ง เปราะ โมเลกุลมีการเคลื่อนที่น้อยมาก ส่วนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทอฟฟี่อาจจะอยู่ในสภาวะรับเบอร์ (rubbery state) คือมีลักษณะอ่อนตัวจนถึงนิ่ม แต่ไม่ไหลเหมือนของเหลว โมเลกุลมีการเคลื่อนที่ได้มากกว่าสภาวะกลาส โดยทั่วไปน้ำตาลที่อยู่ในสถานะเป็นสารละลายเมื่อได้รับความร้อนสารละลายจะเดือดและมีความเข้มข้นสูงขึ้น เมื่อน้ำเชื่อมร้อนขึ้นหนืดได้ที่ พักให้เย็นตัวลงที่อุณหภูมิบรรยากาศปกติ น้ำเชื่อมเหลวจะเปลี่ยนสถานะเป็นสภาวะรับเบอร์เมื่ออุณหภูมิลดลงและทิ้งให้เย็น น้ำเชื่อมหนืดจะมีสภาพเป็นกลาส ซึ่งมีลักษณะใส แข็งคล้ายแก้ว อย่างไรก็ตามสภาวะกลาสและสภาวะรับเบอร์สามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้ขึ้นอยู่กับ

* Corresponding author e-mail: narinch@bua.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สระแก้ว

²คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ศูนย์วาสุกรี พระนครศรีอยุธยา

กับอุณหภูมิและปริมาณความชื้นในบรรจุภัณฑ์ สภาพแวดล้อม และในทอฟฟี่ อุณหภูมิที่สองสถานะนี้ เปลี่ยนกลับไปมาเรียกว่า อุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (glass transition temperature) [17] สอดคล้องกับ

ลักษณะที่สังเกตได้ของทอฟฟี่ การเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสเมื่อแกะบรรจุภัณฑ์ออกและตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง เนื้อสัมผัสของทอฟฟี่จะอ่อนตัวลง มีความแข็งน้อยกว่าที่เก็บในอุณหภูมิต่ำ

Table 3 Moisture content, hardness, viscosity, and color of toffee at various temperatures

Temperature (°C)	Moisture content (%)	Hardness (N)	Viscosity (Centipoise)	Color		
				L*	a*	b*
100	5.45±0.10 ^a	49.60±0.10 ^c	86800±100.00 ^c	68.21±0.05 ^a	0.94±0.04 ^c	30.21±0.05 ^a
120	4.56±0.05 ^b	65.53±0.25 ^b	87366±208.17 ^b	56.13±0.02 ^b	4.96±0.02 ^b	22.35±0.04 ^b
140	2.04±0.05 ^c	98.57±0.35 ^a	88766±152.75 ^a	45.22±0.06 ^c	8.51±0.06 ^a	15.14±0.03 ^c

note: mean ±SD, ^{a-c} means within each column indicate significant differences ($P \leq 0.05$) using Duncan's multiple range test

ผลของอุณหภูมิในการผลิตที่แตกต่างกันต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่ (Table 4) พบว่าคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบโดยวิธี 9-point hedonic scale ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น การเคี้ยว ความเหนอะ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) อุณหภูมิที่เหมาะสมในการกวนทอฟฟี่ คือ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ (7.53±0.74) กลิ่น (7.60±0.99) การเคี้ยว (7.67±0.90) ความเหนอะ (7.80±0.77) เนื้อสัมผัส (7.60±0.91) รสชาติ (7.60±1.06) และความชอบรวม (7.80±0.56) สูงที่สุด ซึ่งอยู่ในระดับชอบปานกลาง

อุณหภูมิจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตทอฟฟี่ ซึ่งส่งผลต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่ การให้ความร้อนด้วยอุณหภูมิสูง (140 องศาเซลเซียส) หรือต่ำเกินไป (100 องศาเซลเซียส) ทอฟฟี่จะมีคุณภาพลดลง ซึ่งส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลง ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตทอฟฟี่จากการศึกษาในครั้งนี้คือที่ 120 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ทอฟฟี่มีลักษณะปรากฏที่ดี เนื้อสัมผัสไม่แข็งหรือนิ่มจนเกินไป มีเนื้อละเอียด เนียนคงรูป ไม่เยิ้ม สีน้ำตาลอ่อน กลิ่นหอม น้ำอ้อยไม่มีกลิ่นเหม็น

Table 4 The liking score (n = 15) of toffee at various temperatures

Temperature (°C)	Appearance	Flavor	Chewing	Stickiness	Texture	Taste	Overall liking
100	7.13±0.74 ^{ab}	7.27±0.88 ^a	7.07±0.70 ^{ab}	7.00±0.85 ^b	7.07±0.80 ^{ab}	7.20±1.08 ^{ab}	7.13±0.92 ^{ab}
120	7.53±0.74 ^a	7.60±0.99 ^a	7.67±0.90 ^a	7.80±0.77 ^a	7.60±0.91 ^a	7.60±1.06 ^a	7.80±0.56 ^a
140	6.80±0.86 ^b	5.33±1.45 ^b	6.93±0.96 ^b	7.13±0.92 ^b	6.73±0.88 ^b	6.53±1.19 ^b	6.47±1.36 ^b

note: mean ±SD, ^{a and b} means within each column indicate significant differences ($P \leq 0.05$) using Duncan's multiple range test

* Corresponding author e-mail: narinch@bua.ac.th

¹Faculty of Agricultural Technology, Burapha University Sakaeo Campus, Sakaeo

²Faculty of Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of Technology Suvanabhumi, Ayutthaya

3. ผลของการแต่งกลิ่นรสด้วยกาแฟ โกโก้ ชาเขียว และมะนาวผงต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของทอฟฟี่

การเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่ โดยการเติมกาแฟ โกโก้ ชาเขียว และมะนาวผงเปรียบเทียบกับทอฟฟี่สูตรควบคุม จากการสังเกตลักษณะปรากฏของทอฟฟี่ (Figure 7) พบว่า ลักษณะปรากฏที่เหมือนกันของทอฟฟี่ทุกสูตรคือมีเนื้อสัมผัสที่ดี ไม่แข็งหรือนิ่มจนเกินไป มีเนื้อละเอียด เนียน คงรูป ไม่เยิ้ม ที่แตกต่างกันคือสีและกลิ่น ทอฟฟี่สูตรควบคุมมีสีเหลืองออกน้ำตาลกลิ่นหอมน้ำตาลอ่อนย สุตรกาแฟมีสีน้ำตาลเข้มกลิ่นหอมกาแฟ สูตรโกโก้มีสีน้ำตาลแดงกลิ่นหอมโกโก้ สูตรชาเขียวมีสีเขียวออกน้ำตาลเข้มกลิ่นหอมชาเขียว และสูตรมะนาวมีสีเหลืองอ่อนกลิ่นหอมมะนาว จากลักษณะปรากฏของทอฟฟี่สูตรมะนาวมีสีอ่อนกว่าสูตรอื่น และทอฟฟี่มีรสหวานอมเปรี้ยว อาจเนื่องจากในมะนาวมีกรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์ซึ่งอาจส่งผลต่อค่าความเป็นกรดต่าง ในสภาวะที่เป็นกรดสามารถการชะลอการเกิดสีน้ำตาลแบบที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ทั้งปฏิกิริยาเมลลาร์ดและปฏิกิริยาการเกิดคาราเมลได้ [18] นอกจากนี้ในมะนาวยังมีน้ำมันหอมระเหยที่ทำให้เกิดกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยมะนาว คือ ลิโมนีน เบต้าไพเนน อัลฟาไพเนน เฟอร์ฟูริล ซิตรอล บอร์นิออล เป็นต้น [19] ทอฟฟี่สูตรชาเขียวมีสีเขียวและมีกลิ่นหอมเฉพาะ โดยทั่วไปชาเขียวเป็นชาที่ไม่ผ่านการหมัก องค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่จะคล้ายยอดใบชาสด โดยมีสารโพลีฟีนอลในกลุ่มคาเทชินอยู่

มากที่สุด [20] ในชาเขียวมีแทนนินซึ่งเป็นสารให้รสฝาดให้รสขมในน้ำชา [21] สีเขียวอาจเกิดจากคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุที่มีสีเขียวอยู่ในคลอโรพลาสต์ มีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เพื่อสร้างเป็นน้ำตาลกลูโคส คลอโรฟิลล์ไม่คงตัวต่อความร้อน เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นฟีโอฟิติน ทำให้สีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเขียวน้ำตาล [22] นอกจากนี้ยังพบคาเฟอีนเช่นเดียวกับในกาแฟ โดยคาเฟอีนมีรสขมเล็กน้อย ไม่มีกลิ่น องค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อกลิ่นรสในกาแฟ ได้แก่ สารประกอบซัลเฟอร์ ไพราซีน ไพริดีน ไพโรล ออกซาโซล พูราน อัลดีไฮด์ คีโตน และฟีนอล เป็นต้น [23] ในส่วนของทอฟฟี่สูตรโกโก้ซึ่งมีสีและกลิ่นเฉพาะของโกโก้ ส่วนประกอบสำคัญของโกโก้ คือ สารเคมีกลุ่มโพลีฟีนอลส์ซึ่งประกอบด้วยฟลาโวนอลส์ ฟลาวานอลส์ ฟลาโวนส์ ไอโซฟลาโวนส์ และแอนโธไซยานามินส์ เป็นต้น นอกจากนี้โกโก้ยังมีสารคาเฟอีนและธีโอโบรมีน โดยคาเฟอีนเป็นสารที่พบมากในกาแฟและชาเขียว แต่พบในโกโก้ปริมาณน้อยกว่ามาก [24] การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า ทอฟฟี่ทุกสูตรมีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัสรสชาติ และความชอบรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อยู่ในระดับชอบปานกลาง การนำน้ำตาลอ่อนซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่ เป็นแนวทางที่น่าสนใจที่จะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น เพิ่มทางเลือกในการรับประทานให้กับผู้บริโภค



Figure 7 Appearance on the surface of the toffee at various tastes

* Corresponding author e-mail: narinch@buu.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สระแก้ว

²คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ศูนย์วาสุกรี พระนครศรีอยุธยา

สรุปผล

องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการนำน้ำอ้อยซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถต่อยอดสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ การใช้ประโยชน์จากน้ำอ้อยในผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่ มีกระบวนการผลิตที่ง่ายไม่ซับซ้อน สามารถทำได้ในระดับครัวเรือน เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจให้กับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยหรือผู้ที่สนใจทั่วไปในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์เกษตรในท้องถิ่น ในฤดูกาลที่ผลผลิตมีราคาถูก โดยอาจมีการพัฒนาต่อยอดในด้านรสชาติให้มีเอกลักษณ์เฉพาะ เช่น กลิ่นรสสมุนไพร กลิ่นรสผลไม้ กลิ่นรสอาหารไทย เป็นต้น การพัฒนารูปทรงให้มีความหลากหลายตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน ตลอดจนการศึกษารูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตน้ำอ้อยก้อน อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว ที่อนุเคราะห์ข้อมูลและวัตถุดิบเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of cane and sugar board. (2017). Sugar production report of sugar factories nationwide. [Online] Available from <http://www.ocsb.go.th/upload/producti on/fileupload/142-5372.pdf>. [Accessed April, 10, 2017].
- [2] Hhowthawee, S. (2003). Sugar technology. Kasetsart University Press. Bangkok.
- [3] Maneechai, T. and Pinsirodom, P. (2013). Physicochemical composition, phenolic content and antioxidant properties of sugarcane juice and optimum condition for hydrolysis of sucrose in sugarcane

juice by invertase. [Online] Available from <http://www.lib.ku.ac.th/KUCONF/2556/KC5106008.pdf>. [Accessed April, 10, 2017].

- [4] Thai industrial standards institute. (2016). Community product standards: Toffee (256/2559). [Online] Available from <https://www.tisi.go.th>. [Accessed April, 10, 2017].
- [5] Duncan, D.B. (1995) Multiple range and multiple F Tests. *Biometrics*. 11: 1 – 42.
- [6] Kaewnoo, T and Phonrak, H. (2017). Sugar science. *Journal Sugar*. 1(1): 33-51.
- [7] Thai industrial standards institute. (2004). Community product standards: Cane sugar (508/2547). [Online] Available from <https://www.tisi.go.th>. [Accessed April, 10, 2017].
- [8] Pedcharat, K., Saetang, D., Tungsatitporn, D., and Sakulyunyongsuk, N. (2012) Development of candy from Thai herb: reduce inflammation. Research Report. Faculty of home economics technology. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. Bangkok.
- [9] Songtip, P., Jangchud, K., and Wuttijumnong, P. (2007). Study of optimum ratio of sweeteners to produce snack bar from brown rice and herb. [Online] Available from <http://www.lib.ku.ac.th/KUCONF/KC4506042.pdf>. [Accessed April, 10, 2017].
- [10] Phunjabhud, N. and Hongrak, K. (2012) Study on mango varieties and optimum glucose syrup in mango toffee production. The 2nd National and International Graduate Study Conference. Silpakorn University.

* Corresponding author e-mail: narinch@bua.ac.th

¹Faculty of Agricultural Technology, Burapha University Sakaeo Campus, Sakaeo

²Faculty of Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of Technology Suvanabhumi, Ayutthaya

- [11] Sriroth, K. and Piyachomkwan, K. (2007). Starch Technology. Kasetsart University Press, Bangkok.
- [12] Niyomrath, R. (2012). Energy saving stove for stew coconut sugar by local raw material in Bang Khon Thi District, Samut Songkhram province. Research Report. Suan Sunandha Rajabhat University. Bangkok.
- [13] Thai industrial standards institute. (2009). Thai industrial standards institute: Sugar (56/2552). [Online] Available from <https://www.tisi.go.th>. [Accessed April, 10, 2017].
- [14] Pornchaloempong, P. and Rattanapanone, N. Evaporation. [Online] Available from <http://www.foodnetworksolution.com>. [Accessed April, 10, 2017].
- [15] Rattanapanone, N. (2014). Food chemistry. Bangkok Odeon store.
- [16] Rungsadthong, V. (2014). Food processing technology. King Mongkut's University of Technology North. Text and Journal Publication Co.,Ltd. Bangkok.
- [17] Charoenrein, S and Reepholkul, K. (2013). Glass transition of sugar during production of peanut brittle. Food. 43(3): 74-81.
- [18] Ajandouz, E.H., Tchiakpe, L.S., Dalle Ore, F., Benajiba, A. and Puigserver, A. (2001). Effects of pH on caramelization and maillard reaction kinetics in fructose-lysine medel systems. JFS: Food Chemistry and Toxicology. 66(7): 926-931.
- [19] Jhantakul, S., Hongrattanavorakit, S., Boonyarutkalin, T., Owajariyapitak, D., Phonphanpipat, S., Deejali, P., and Tapin, S. (2016). The development of incense sticks product from lime skin. Research Report. Faculty of home economics technology. Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. Bangkok.
- [20] Thepkhon, T. (2013). Green tea catechins and storage stability. KCU Science Journal. 41(1): 46-55.
- [21] Bunteongjit, D. (2004). Green tea. Journal Department of Science Service Ministry of Science and Technology. 52(164): 10-14.
- [22] Suphamityotin, P. (2013). Fruit and vegetable technology. Bangkok. Odeon store.
- [23] Rungsrangtham, N. (2006) Changes volatile compounds in roasted arabica coffee beans during storage. Master's thesis. Silpakorn University. Nakhon Pathom.
- [24] Wongnai, W. (2016). Cocoa: the best food and magic medicine of all ages. Horticultural Science Society of Thailand. 32(1): 4-6.

* Corresponding author e-mail: narinch@buu.ac.th

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สระแก้ว

²คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ศูนย์วาสุกรี พระนครศรีอยุธยา