

การพัฒนาซอสคาราเมลจากน้ำเชื่อมตาลโตนดและเนื้อตาลโตนดผง (*Borassus flabellifer* L.)

ลัดดาวลัย กลิ่นมาลัย จิราภัทร โอทอง* สุธิดา กิจจาวรเสถียร วรลักษณ์ ป้อมน้อย
และ วรธร ป้อมเย็น

สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวรชัยยบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

รับบทความ 16 กุมภาพันธ์ 2566 แก้ไขบทความ 28 พฤษภาคม 2566 ตอรับบทความ 29 มิถุนายน 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาซอสคาราเมลจากน้ำเชื่อมตาลโตนดและเนื้อตาลโตนดผง ซึ่งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับตาลโตนดและพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสให้มีความหลากหลายมากขึ้น ทำการคัดเลือกซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานจำนวน 3 สูตร โดยใช้น้ำเชื่อมตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายทั้งหมด คือ สูตรพื้นฐานที่ 1 2 และ 3 จากนั้นนำซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่มีค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสมากที่สุดมาเสริมเนื้อตาลโตนดผง 3 ระดับ คือ 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ นำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับซอสคาราเมลสูตรพื้นฐาน จากการศึกษาพบว่าซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ 2 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีค่า 7.80 7.87 7.90 7.55 และ 7.82 ตามลำดับ อยู่ในระดับชอบมาก เมื่อนำซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ 2 มาเสริมเนื้อตาลโตนดผง พบว่าซอสคาราเมลเสริมเนื้อตาลโตนดผงระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ มีคุณภาพทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ใกล้เคียงกับซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ 2 โดยมีค่าความหนืด 33.4×10^4 เซนติพอยท์ ค่าความสว่าง (L^*) 46.99 ค่า a^* 19.59 และค่า b^* 45.25 เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีพลังงาน 404.40 กิโลแคลอรี/100 กรัม ความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้าอยู่ที่ 34.81 30.67 2.44 25.53 5.48 และ 1.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐานที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ : ซอสคาราเมล; ตาลโตนด; เนื้อตาลโตนดผง; น้ำเชื่อมตาลโตนด

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +666 5536 2236, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: jirapat.o@rmutp.ac.th

The Development of Caramel Sauce From Palmyra Palm Syrup and Palmyra Palm Powder (*Borassus flabellifer* L.)

Laddawan Klinmalai Jirapat Othong* Suthida Kitjavorasatien

Woralak Pomnoi and Vorathon Pomyen

Department of Food and Nutrition, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

168 Thanon Sri Ayuthaya, Wachira Phayaban, Dusit District, Bangkok 10300

Received 16 February 2023; Revised 28 May 2023; Accepted 29 June 2023

Abstract

The purpose of this research was to develop caramel sauce from palmyra palm syrup and palmyra palm powder. This is to add value to palmyra palm and to develop more variety of sauce products. Three basic formulas of caramel sauce were selected by using palmyra palm syrup instead of sugar, i.e. basic formulas 1, 2, and 3. Then, the basic formula caramel sauce with the highest average sensory quality was added to palmyra palm powder. Three levels of palmyra palm powder, 3%, 4%, and 5%, were analyzed for physical quality, chemical composition, and sensory quality compared to the basic formula of caramel sauce. The study found that in basic caramel sauce No. 2, the tasters gave the highest average sensory quality score. In terms of appearance, color, smell, texture, and overall liking, the values were 7.80 7.87 7.90 7.55, and 7.82, respectively, in the very like level. Basic caramel sauce no. 2 was added to the palmyra palm powder. The 3% palmyra palm powder caramel sauce had physical quality. chemical composition and sensory quality were similar to basic caramel sauce no. 2 with a viscosity of 33.4×10^4 cent points, lightness (L^*) of 46.99, a^* of 19.59, and b^* of 45.25. The chemical composition shows that energy was 404.40 kcal/100 g, moisture, fat, protein, carbohydrate, fiber, and ash were 334.81%, 30.67%, 2.44%, 25.53%, 5.48%, and 1.07%, respectively. The tasters gave the sensory quality score, in terms of appearance, color, smell, texture, and overall liking, which is not significant from the basic caramel sauce no. 2 at the 0.05 level.

Keywords: Caramel Sauce; Palmyra Palm; Palmyra Palm Powder; Palmyra Palm Syrup

* Corresponding Author. Tel.: +666 5536 2236, E-mail Address: jirapat.o@rmutp.ac.th

1. บทนำ

ตาลโตนดเป็นไม้ยืนต้นที่มีอายุยืน ลำต้นเดี่ยวไม่แตกกิ่งก้านสาขา ชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Borassus flabellifer* L. จัดเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ *Palmae* มีชื่อสามัญ ได้แก่ Palmyra palm, Lontar palm, Fan palm และ Brab palm [1] ตาลโตนดจัดเป็นพืชท้องถิ่นของประเทศไทยที่มีพื้นที่ในการเพาะปลูกกระจายทั่วไปในทุกภูมิภาค โดยในปี 2562 มีเนื้อที่เพาะปลูกตาลโตนดทั้งสิ้น 13,364 ไร่ พื้นที่เพาะปลูก 7 จังหวัด ผลผลิตรวม 4,460 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 1,177 กิโลกรัม ราคาขายได้ต่อกิโลกรัม 37.80 บาท โดยจังหวัดที่มีผลผลิตตาลโตนดที่เก็บเกี่ยวได้มากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ 1) เพชรบุรี มีผลผลิตจำนวน 2,863,500 กิโลกรัม 2) สงขลา มีผลผลิตจำนวน 1,573,100 กิโลกรัม 3) ฉะเชิงเทรา มีผลผลิตจำนวน 13,000 กิโลกรัม [2]

ผลผลิตจากตาลโตนดที่สามารถนำไปรับประทานได้ คือ น้ำตาลสด เนื้อตาล ลอนตาล และจาวตาล ซึ่งผลผลิตนี้เกษตรกรสามารถนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ 3 กลุ่มด้วยกัน คือ ผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำตาลโตนด ได้แก่ น้ำตาลสด ตังเม น้ำตาลกรวด น้ำ น้ำตาลปึก และกระแฉะ ผลิตภัณฑ์ประเภทแคง ได้แก่ แคงหัวตาลโตนด และแคงยอดตาลโตนด ผลิตภัณฑ์ประเภทขนม ได้แก่ ขนมตาล จาวตาลเชื่อม ตาลลอยแก้ว โตนดทอด ข้าวเหนียวลูกตาล ข้าวเหนียวหน้ากะฉีก ขนมเปียกหอม และโตนดน้ำกะทิ เป็นต้น [3] จากผลิตภัณฑ์อาหารข้างต้นเห็นได้ว่า ส่วนใหญ่ได้จากการแปรรูปน้ำตาลโตนด เนื่องจากมีกรรมวิธีการผลิตที่ไม่ยาก โดยใช้น้ำตาลสดแค่ครั้งเดียวก็สามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำตาลโตนดได้หลายชนิด แต่ข้อเสีย คือ มีกรรมวิธีที่เหนื่อยและต้องใช้น้ำตาลสดในปริมาณมาก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำตาลโตนดที่เพียงพอต่อความต้องการ และยังมีราคาขายที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับความยากในการเก็บเกี่ยวและเวลาในการผลิตที่นาน นอกจากนี้เนื้อตาลโตนดสี

เหลืองที่ได้จากลูกตาลสุกกียังไม่มีการใช้อย่างแพร่หลาย มีเพียงแต่การนำมาทำเป็นขนมตาลเพียงอย่างเดียว เพราะมีกรรมวิธีการเตรียมและการยีเนื้อตาลที่ยุ่งยาก ใช้เวลานาน และมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นด้วยเหตุนี้จึงมีงานวิจัยที่ศึกษาการนำเนื้อตาลโตนดไปอบแห้งเป็นแป้ง เพื่อพัฒนาเนื้อตาลโตนดให้มีรูปแบบที่สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวก และเก็บรักษาได้นาน โดย C. Pangmark and S. Sriwilai [4] ได้ศึกษากระบวนการอบแห้งเนื้อตาลโตนด พบว่าเนื้อตาลโตนดที่ผ่านการนึ่งและอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C ด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด นาน 10 ชั่วโมง จากนั้นนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.12 มิลลิเมตร จะมีค่าอัตราการคืนรูปและการละลายของแป้งดีที่สุด ส่วนเส้นใยที่เหลือทิ้งจากกระบวนการทำเนื้อตาลโตนดผงสามารถนำมาผลิตเป็นเส้นด้าย เพื่อนำมาถักทอเป็นผืนผ้าสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ได้อีกด้วย

ปัจจุบันมีการผลิตน้ำเชื่อมตาลโตนดขายตามกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ปลูกตาลโตนด และมีการพัฒนาเนื้อตาลโตนดให้อยู่ในรูปแบบแป้ง แต่ยังไม่มีการใช้น้ำเชื่อมและแป้งตาลโตนดในผลิตภัณฑ์อาหารที่น้อยและยังไม่หลากหลาย ผู้วิจัยจึงความสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้วัตถุดิบจากตาลโตนด โดยผลิตภัณฑ์อาหารที่ผู้วิจัยสนใจที่จะนำมาพัฒนาคู่กับวัตถุดิบจากตาลโตนด คือ ซอสคาราเมล ซึ่งเป็นซอสที่มีส่วนผสมของน้ำตาล ครีมนม และเนย สามารถหาซื้อและผลิตได้ง่าย ทั้งนี้ซอสคาราเมลนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคทั่วไปรู้จัก มีวางขายทั่วไปตามท้องตลาด สามารถบริโภคได้ทุกเพศทุกวัย โดยรับประทานคู่กับอาหารหวาน เช่น เบเกอรี่ เครื่องดื่ม และไอศกรีม เป็นต้น

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาซอสคาราเมลจากตาลโตนด โดยใช้น้ำเชื่อมตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายทั้งหมด และเสริมเนื้อตาลโตนดผงลงในซอสคาราเมล เพื่อปรับปรุงสี สัน สร้างรสชาติที่แปลกใหม่ให้แก่ซอสคาราเมล ซึ่งเป็นซอสคาราเมลที่มี

กลืนรหวานกลมกล่อมซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของน้ำเชื่อมตาลโตนด และมีรสชาติอมเปรี้ยวเล็กน้อยจากผงน้ำตาลโตนด ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้ตาลโตนดและผลิตภัณฑ์ซอสคาราเมล และสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 ขั้นตอนการวิจัย

2.1.1 ขั้นตอนการทำน้ำเชื่อมตาลโตนด

นำน้ำตาลสดที่ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 75 °C นาน 30 นาที มาเคี่ยวในกระทะทองเหลืองโดยใช้ไฟอ่อน อุณหภูมิ 70 °C คนเป็นระยะๆจนกลายเป็นน้ำเชื่อมตาลโตนดที่มีลักษณะข้นเหนียว สีน้ำตาลอ่อน และมีของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่า 65 °brix ซึ่งใช้เวลาเคี่ยวนาน 5 ชั่วโมง บรรจุน้ำเชื่อมลงในขวดพลาสติกสำหรับใช้งานต่อไป

ดัดแปลงจาก A. Dholvitayakhun [8] นำน้ำเชื่อมตาลโตนดมาวัดค่า a_w , ความหนืด, ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้, ค่าสี และองค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับน้ำตาลโตนดสดที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้น

2.1.2 ขั้นตอนการทำเนื้อมตาลโตนดผง

นำลูกตาลโตนดสุกมาล้างให้สะอาด ลอกเปลือกสีดำออกจนหมด เอาดีตาลออกเพื่อไม่ให้เนื้อมีรสขม นำลูกตาลโตนดไปยี้กับน้ำที่ใส่น้อยเพื่อนำเนื้อมตาลออกมา จากนั้นกรองด้วยตะแกรงตาถี่เพื่อนำเส้นใยออก นำเนื้อมตาลโตนดที่ได้ใส่ผ้าขาวบาง 2 ชั้น ห่อให้แน่นและใช้ของหนักทับไว้นาน 1 คืน เพื่อเอาน้ำออก นำเนื้อมตาลโตนดที่ได้ไปนึ่งในน้ำเดือด โดยกวนเนื้อมตาลตลอดเวลาวัดอุณหภูมิในจุดกึ่งกลางของเนื้อมตาลโตนดจนได้อุณหภูมิ 70 °C จากนั้นตั้งทิ้งต่ออีก 5 นาที ยกออกจากเตาพักไว้ ร่องกระดาศไขลงในภาชนะขนาด 35x50x2 ซม.² (กว้าง x ยาว x สูง) เกลี่ยเนื้อมตาลที่ตุนแล้วให้เป็นแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร จนทั่วภาชนะ

จากนั้นนำเข้าอบในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน (Tray dryer; Reliance tech service, Thailand) อุณหภูมิ 60 °C นาน 5 ชั่วโมง นำออกจากเตาอบ พักไว้ให้เย็น แล้วนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นผสม (Blender; Hamilton Beach, China) ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช บรรจุลงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ สำหรับใช้งานต่อไป ดัดแปลงจาก C. Pangmark and S. Sriwilai [4] นำเนื้อมตาลโตนดผงมาวัดค่า a_w , ค่าสี และองค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับเนื้อมตาลโตนดที่เป็นวัตถุดิบตั้งต้น

2.1.3 การคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดจากสูตรพื้นฐาน

ศึกษาสูตรพื้นฐานของซอสคาราเมลจำนวน 3 สูตร โดยใช้เนื้อมตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายทั้งหมดในซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุด โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาซอสคาราเมลเสริมเนื้อมตาลโตนดผง

ขั้นตอนการทำซอสคาราเมลสูตรพื้นฐาน

1. วิธีการทำซอสคาราเมล สูตรพื้นฐานสูตรที่ 1

นำน้ำเชื่อมตาลโตนดใส่ลงในหม้อ นำไปตั้งไฟกลางจนถึงอุณหภูมิ 120 °C คนต่อไปอีก 4 นาที จากนั้นเติมวิปปีนครีมลงไปคนให้เข้ากันนาน 3 นาที โดยคุมอุณหภูมิ 120 °C ยกออกจากเตา ใส่เนยจืดที่แช่เย็นอุณหภูมิ 4 °C ลงไปคนให้เข้ากัน พักไว้ให้เย็น ดัดแปลงมาจาก S. Kitiaworasatien and V. Pomnoi [5]

2. วิธีการทำซอสคาราเมล สูตรพื้นฐานสูตรที่ 2

นำน้ำใส่ลงในต้มจนเดือด นำวิปครีมใส่ลงในอ่างผสมสแตนเลสนำไปตุ๋นในลังถึงจนมีอุณหภูมิ 50 °C ตุ่นต่ออีก 5 นาที จากนั้นนำออกจากลังถึงพักไว้ นำน้ำเชื่อมตาลโตนดลงในหม้อตั้งไฟจนถึงอุณหภูมิ 120 °C คนต่อไปอีก 4 นาที ใส่วิปครีมลงไปคนให้เข้ากันอีก 3 นาที โดยคุมอุณหภูมิ 120 °C ตลอด ยกออกจากเตา ใส่เนยจืดที่แช่เย็นอุณหภูมิ 4 °C ลงไปคนให้เข้ากัน พักไว้ให้เย็น ดัดแปลงมาจาก C. Bloom [6]

3. วิธีการทำซอสคาราเมล สูตรพื้นฐานสูตรที่ 3

นำน้ำเชื่อมตาลโตนดใส่ลงในหม้อ นำไปตั้งไฟกลางจนถึงอุณหภูมิ 120 °C คนต่อไปอีก 4 นาที จากนั้นเติมวิปครีมและเกลือกไปคนให้เข้ากันนาน 3 นาที โดยคุมอุณหภูมิ 120 °C ยกออกจากเตา ใส่เนยจืดที่แช่เย็นอุณหภูมิ 4 °C ลงไปคนให้เข้ากัน พักไว้ให้เย็น ดัดแปลงมาจาก Danielle (2022) [7]

ตารางที่ 1 ส่วนผสมที่ใช้ในการทำซอสคาราเมลสูตรพื้นฐาน

วัตถุดิบ	ปริมาณ (%)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
น้ำเชื่อม			
ตาลโตนด	43.50	32.26	32.25
วิปครีม	43.50	58.06	51.61
เนยจืด	13.00	9.68	14.52
เกลือ	-	-	1.62

ที่มา: สูตรที่ 1 : ดัดแปลงจาก S. Kitiaworasatien and V. Pomnoi [5]

สูตรที่ 2 : ดัดแปลงจาก C. Bloom [6]

สูตรที่ 3 : ดัดแปลงจาก Danielle [7]

2.1.4 ขั้นตอนการทำซอสคาราเมลเสริมเนื้อตาลผง

นำน้ำใส่ลงถึงต้มจนเดือด นำวิปครีมใส่ลงในอ่างผสมสแตนเลสนำไปตุ๋นในลังถึงจนมีอุณหภูมิ 50 °C ตุ่นต่อไปอีก 5 นาที จากนั้นนำออกจากลังถึงพักไว้ นำน้ำเชื่อมตาลโตนดลงในหม้อตั้งไฟจนถึงอุณหภูมิ 120 °C คนต่อไปอีก 4 นาที จากนั้นค่อยๆใส่น้ำตาลโตนดผงลงไปทีละ 3 ระดับ คือ 3 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมทั้งหมด คนจนเป็นเนื้อเดียวกันนาน 5 นาที จากนั้นใส่ วิปครีมลงไปคนให้เข้ากันอีก 3 นาที โดยคุมอุณหภูมิ 120 °C ยกออกจากเตา ใส่เนยจืดที่แช่เย็นอุณหภูมิ 4 °C ลงไปคนให้เข้ากัน พักไว้ให้เย็น นำซอสคาราเมลที่เสริมเนื้อตาลโตนดผงมาวิเคราะห์ค่าความหนืด ค่าสี องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.1.5 การศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมี

1. การวัดค่าสี

วัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab (Hunter Associates Labory, Inc, USA) และวัดออกมาในค่า L^* , a^* , และ b^*

2. การวัดค่าความข้นหนืด

นำตัวอย่างปริมาณ 500 มิลลิลิตร มาวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer (Laboratories. Inc., USA) ที่อุณหภูมิ 25 ±1 องศาเซลเซียส โดยใช้หัววัดหมายเลข 4

3. การวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้วัดด้วยเครื่อง Hand Refractometer (Atogo, Japan)

4. วัดค่า a_w วัดด้วยเครื่อง Water activity analyzer (Novasina IC-500 AW-LAB, Switzerland)

2.1.6 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

นำน้ำตาลโตนดสด น้ำเชื่อมตาลโตนด เนื้อตาลโตนดผง และซอส คาราเมลมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน เกล็ด และเยื่อใย ด้วยวิธี AOAC (2016) สำหรับคาร์โบไฮเดรตใช้การคำนวณ คาร์โบไฮเดรต (%) = 100-(ความชื้น (%) + โปรตีน (%) + ไขมัน (%) + เยื่อใย (%) + เกล็ด (%)

2.1.7 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำซอสคาราเมลสูตรพื้นฐาน และซอสคาราเมลเสริมเนื้อตาลโตนดผงทั้ง 3 ระดับ มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) (โดย คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ชิมเป็นนักศึกษา คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครจำนวน 80 คน เสรีพิติตัวอย่างโดยการเทตัวอย่างลงในถ้วยพลาสติกปริมาณ 30 กรัม มีการใช้รหัสเลข 3 ตัวแทนชื่อตัวอย่าง โดยเลขที่ใช้ได้จากตารางเลขสุ่ม และมีการล้างปากในระหว่างการเปลี่ยนตัวอย่าง

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ในการประเมินคุณภาพทางกายภาพและเคมี และ RCBD (Randomized Complete Block Design) ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่าง โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษาน้ำเชื่อมตาลโดนด

เมื่อน้ำตาลโดนดสดผ่านความร้อนจนกลายเป็นน้ำเชื่อมตาลโดนด ส่งผลให้ค่า a_w และค่าความสว่าง (L^*) มีค่าลดลง โดยน้ำเชื่อมตาลโดนดมีค่า a_w และค่าความสว่าง (L^*) อยู่ที่ 0.75 และ 60.93 ตามลำดับ ส่วนความหนืดและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งความหนืดและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของน้ำเชื่อมอยู่ที่ 9.03×10^2 cps และ 74.00 °brix เมื่อเปรียบเทียบกับค่า a^* พบว่าเมื่อน้ำตาลโดนดสดผ่านความร้อนมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น ซึ่งน้ำตาลโดนดมีค่า a^* (-1.17) ส่วนน้ำเชื่อมตาลโดนดมีค่า a^* (13.56) ส่วนค่า b^* เมื่อน้ำตาลโดนดสดที่ผ่านการระเหยเอาน้ำออกจนกลายเป็นน้ำเชื่อมจะมีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น โดยน้ำเชื่อมตาลโดนดมีค่าความเป็นสีเหลือง b^* อยู่ที่ 69.60 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ A. Dholvitayakhun [8] ที่ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำน้ำตาลสดผงให้เกิดภาวะอิมตัวยิงยวด พบว่าที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสีเหลืองอมน้ำตาลอ่อน มีค่า a_w อยู่ที่ 0.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ 84.84 °brix มีปริมาณมีค่าความสว่าง (L^*) อยู่ที่ 68 ค่า a^* และค่า b^* อยู่ที่ 5.39 และ 23.74 ตามลำดับ

ทั้งนี้เนื่องจากการเคี่ยวน้ำตาลโดนดสดจนกลายเป็นน้ำเชื่อมตาลโดนดเป็นการระเหยเอาน้ำออกจากตัวอาหาร ซึ่งจัดเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารในรูปแบบของการทำให้อาหารเข้มข้นขึ้น แต่อาหารนั้นยังคงมีสถานะเป็นของเหลวอยู่ จึงจัดเป็นการถนอมอาหาร ในรูปแบบหนึ่งที่ทำให้อาหารมีปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อาหารมีค่า a_w ลดลง จึงเป็นการป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของอาหารเสื่อมเสียและจุลินทรีย์ก่อโรคหลายชนิด เนื่องจากเมื่อ a_w ลดลงจุลินทรีย์ก็เจริญช้าลง ระยะเวลาในช่วง logarithmic phase เพิ่มขึ้น ทำให้การเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ต้องใช้เวลานานขึ้น [9] ส่งผลให้น้ำเชื่อมตาลโดนดสามารถเก็บได้นานกว่าน้ำตาลโดนดสด และการเคี่ยวน้ำตาลโดนดสดนั้นมีการใช้อุณหภูมิสูงส่งผลให้เกิดปฏิกิริยา Caramelization ขึ้น เพราะในน้ำตาลโดนดสดมีน้ำตาล (ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต) เป็นองค์ประกอบถึง 8.09% (ตารางที่ 3) ดังนั้นเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและเวลานานเพื่อระเหยเอาน้ำออก น้ำตาลที่โดนความร้อนสูงก็จะแตกตัวเป็นโมเลกุลที่เล็กลง ทำให้เกิดพอลิเมอร์แซนของสารประกอบคาร์บอน ส่งผลให้อาหารนั้นเกิดเป็นสีน้ำตาล (คาราเมล) มีความหนืดและความเหนียวเพิ่มขึ้น [10] ด้วยเหตุนี้ น้ำเชื่อมจากตาลโดนดจึงมีสีที่เข้มข้นความหนืดที่สูงขึ้น

เมื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำเชื่อมตาลโดนดเปรียบเทียบกับน้ำตาลโดนดสด จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนน้ำเชื่อมตาลโดนดมีพลังงาน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าพลังงาน 385.10 kcal โปรตีน 1.73% และคาร์โบไฮเดรต 59.45% ความชื้นมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าอยู่ที่ 36.99% ส่วนปริมาณไขมันและเยื่อใยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้ เนื่องจากการเคี่ยวน้ำตาลโดนดเป็นกระบวนการระเหยเอาน้ำ

ออกจากตัวผลิตภัณฑ์ ทำให้ปริมาณสารอาหารที่เหลืออยู่ในอาหารแห้ง (เปรียบเทียบกับหน่วยน้ำหนัก) มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น [11] ค่าพลังงาน ปริมาณโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตในผลิตภัณฑ์หลังแปรรูปจึงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำตาลโตนดสดและน้ำเชื่อมตาลโตนด

คุณภาพทางเคมีและกายภาพ	น้ำตาลสด	น้ำเชื่อม
a_w	1.00 ± 0.00^a	0.75 ± 0.00^b
ความหนืด (cps)	$13.60 \times 10^1 \pm 0.00^a$	$9.03 \times 10^2 \pm 0.00^b$
Total soluble solid ($^{\circ}$ Brix)	13.00 ± 0.00^b	74.00 ± 0.00^a
L^*	80.56 ± 0.05^a	60.93 ± 0.04^b
a^*	-1.17 ± 0.02^b	13.56 ± 0.04^a
b^*	3.58 ± 0.08^b	69.60 ± 0.05^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรแนวนอนต่างกัน หมายถึง ค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
 ค่า L^* คือ ความสว่าง มีค่า 0 – 100
 ค่า a^* คือ ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a^* เป็น + คือ ออกสีแดง และ a^* เป็น - คือ ออกสีเขียว)
 ค่า b^* คือ ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b^* เป็น + คือ ออกสีเหลือง และ b^* เป็น - คือ ออกสีน้ำเงิน)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำตาลโตนดสดและน้ำเชื่อมตาลโตนดจากตัวอย่าง 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	น้ำตาลสด	น้ำเชื่อม
พลังงาน (kcal)	61.64 ± 0.00^b	385.10 ± 1.73^a
ความชื้น (%)	91.37 ± 0.01^a	36.99 ± 0.41^b
ไขมัน (%) ^{ns}	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
โปรตีน (%)	0.26 ± 0.01^b	1.73 ± 0.00^a
คาร์โบไฮเดรต (%)	8.09 ± 0.01^b	59.45 ± 0.43^a
เยื่อใย (%) ^{ns}	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
เถ้า (%)	0.28 ± 0.01^b	1.83 ± 0.02^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรแนวนอนต่างกัน หมายถึง ค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
 ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.2 ผลการศึกษาเนื้อตาลโตนดผง

เมื่อศึกษาเนื้อตาลโตนดที่ผ่านกระบวนการอบแห้งพบว่าเนื้อตาลโตนดอบแห้งมีค่า a_w ค่า a^* และค่า b^* ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่า a_w ค่า a^* และค่า b^* ของเนื้อตาลโตนดผงอบแห้งอยู่ที่ 0.28 11.59 และ 54.26 ตามลำดับ ส่วนความสว่าง (L^*) มีค่าอยู่ที่ 73.74 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณภาพทางกายภาพของเนื้อโตนดสดและเนื้อตาลโตนดผง

คุณภาพทางกายภาพ	เนื้อตาลสด	เนื้อตาลผง
a_w	0.99 ± 0.00^a	0.28 ± 0.00^b
L^*	52.80 ± 0.06^b	73.74 ± 0.05^a
a^*	25.60 ± 0.05^a	11.59 ± 0.07^b
b^*	69.46 ± 0.22^a	54.26 ± 0.07^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรแนวนอนต่างกัน หมายถึง ค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
 ค่า L^* คือ ความสว่าง มีค่า 0 – 100
 ค่า a^* คือ ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a^* เป็น + คือ ออกสีแดง และ a^* เป็น - คือ ออกสีเขียว)
 ค่า b^* คือ ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b^* เป็น + คือ ออกสีเหลือง และ b^* เป็น - คือ ออกสีน้ำเงิน)

ทั้งนี้ เนื่องจากการทำแห้งเป็นกระบวนการที่นำลูกตึงออกจากอาหาร ทำให้อาหารมีค่า a_w ลดลง [11] เนื้อตาลโตนดผงจึงมีค่า a_w ที่น้อยกว่าเนื้อตาลโตนดสด ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้จึงเก็บรักษาได้นานกว่าเนื้อตาลโตนดสด การอบแห้งทำให้ลักษณะของผิวหน้าอาหาร การสะท้อนแสงและสีที่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีพันธะคู่อุณหภูมิสูงจำนวนมาก และความร้อนยังส่งผลให้เกิดจากการเปลี่ยนไอโซเมอร์จากทรานส์ไปเป็นซิสทำให้เกิดการสูญเสียของแคโรทีนอยด์ ซึ่งส่งผลให้สีของเนื้อตาลโตนดจางลง [12] ด้วยเหตุนี้เนื้อ

ตาลโตนดผงจึงมีค่าความสว่าง (L^*) ที่สูงกว่าเนื้อตาลโตนดสด และมีค่า a^* และค่า b^* ที่ลดลง

จากตารางที่ 5 พบว่า เมื่อเนื้อตาลโตนดสดผ่านกระบวนการอบแห้งจนกลายเป็นเนื้อตาลโตนดผงจะมีพลังงาน ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งมีค่า 413.51 kcal, 7.05%, 14.88%, 37.88%, 34.85% และ 2.85% ตามลำดับ ส่วนความชื้นมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยลดลงเหลือ 2.49% เนื่องจาก การทำแห้งเป็นกระบวนการที่น้ำถูกดึงออกจากอาหารทำให้อาหารมีความชื้นลดลง และส่งผลให้ปริมาณสารอาหารที่เหลืออยู่ในอาหารแห้ง (เปรียบเทียบกับหน่วยน้ำหนัก) มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น [11] พลังงาน ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเยื่อใยในผลิตภัณฑ์อบแห้งจึงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อตาลโตนดสดและเนื้อตาลโตนดผงจากตัวอย่าง 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	เนื้อตาลสด	เนื้อตาลผง
พลังงาน (kcal)	39.14±0.02 ^b	413.51±0.44 ^a
ความชื้น (%)	90.38±0.02 ^a	2.49±0.04 ^b
ไขมัน (%)	0.38±0.02 ^b	7.05±0.07 ^a
โปรตีน (%)	2.27±0.01 ^b	14.88±0.04 ^a
คาร์โบไฮเดรต (%)	6.23±0.02 ^b	37.88±0.01 ^a
เยื่อใย (%)	0.43±0.01 ^b	34.85±0.02 ^a
เถ้า (%)	0.31±0.02 ^b	2.85±0.16 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรแนวนอนต่างกัน หมายถึง ค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.3 ผลการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมจากสูตรพื้นฐาน

ตารางที่ 6 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสูตรพื้นฐานซอสคาราเมล จำนวน 3 สูตร พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น

รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนค่าสี ผู้ชิมให้คะแนนความชอบของซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ 3 แตกต่างกับสูตรพื้นฐานที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อแปลผลคะแนนความชอบแบบอันตรายภาคขึ้นพบว่า ซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ 1 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติ โดยมีค่าเฉลี่ย 7.50 7.75 7.77 และ 7.62 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับชอบมาก ส่วนเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมมีค่าเฉลี่ย 7.40 และ 7.47 ตามลำดับ อยู่ในระดับชอบปานกลาง ซึ่งต่างจากซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ 2 ที่ผู้ชิมให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมีค่าเฉลี่ย 7.80 7.87 7.90 7.52 7.55 และ 7.82 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับชอบมาก ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเลือกซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ 2 สำหรับนำไปศึกษาการเสริมเนื้อตาลผงต่อไป

3.4 ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของเนื้อตาลโตนดผงที่เสริมในซอสคาราเมล

นำซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ 2 ที่มีผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับชอบมาก มาศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของเนื้อตาลโตนดผง โดยเสริมเนื้อตาลโตนดผงที่ 3 ระดับ คือ 3 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมทั้งหมด จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกระดับการเสริมเนื้อตาลโตนดผงที่เหมาะสมต่อไป การเสริมเนื้อตาลโตนดผงส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพของซอสคาราเมล เมื่อเปรียบเทียบกับซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ไม่เติมน้ำตาล พบว่า ค่าความหนืด ค่าความสว่าง (L^*) ค่า a^* และค่า b^* ของซอสคาราเมลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 7 การเสริมเนื้อตาลโดนดงส่งผลต่อค่าความหนืดของซอสคาราเมล โดยซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ไม่เติมเนื้อตาลมีค่าความหนืดน้อยที่สุดคือ 6.51×10^4 cps และซอสคาราเมลเสริมเนื้อตาลผงที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความหนืดสูงที่สุดคือ 38.00×10^4 cps ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อตาลโดนดงแห้งความชื้นลดลงเหลือ 2.49% (ตารางที่ 5) จึงกลายเป็นเนื้อตาลโดนดงที่มีความชื้นต่ำ และเมื่อสัมผัสกับส่วนผสมที่เป็นน้ำจึงเกิดการดูดซับน้ำไว้เนื่องจากอาหารผงมีความสามารถในการดูดน้ำที่ผิวซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นในการคืนรูป [9] ซึ่งเนื้อตาลโดนดงอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีการดูดซับน้ำ 6.42% [4] นอกจากนี้เนื้อตาลโดนดงยังมีเส้นใย (ตารางที่ 5) โดยในเนื้อตาลโดนดงที่นึ่งสุกมีเส้นใย 5.83% [13] และเนื้อตาลโดนดงอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C องศาเซลเซียส มีเส้นใย 27.65% [4] เส้นใยที่อยู่ในเนื้อตาลโดนดงนี้มีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำไว้ภายในโครงสร้างของเส้นใย เนื่องจากเส้นใยมีองค์ประกอบของโพลีแซคคาไรด์ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระจำนวนมากจึงสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ ทำให้เส้นใยอาหารจึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำ [14] ดังนั้นค่าความหนืดของซอสคาราเมลที่เสริมเนื้อตาลผงทั้ง 3 ระดับจึงมีค่าสูงกว่าซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ไม่เติมเนื้อตาล และการเสริมเนื้อตาลโดนดงที่ระดับ 5% ส่งผลให้ซอสคาราเมลมีค่าความหนืดสูงที่สุด เพราะเป็นระดับที่ปริมาณเนื้อตาลโดนดงมากที่สุดจึงมีการดูดซับน้ำไว้มากที่สุด ซอสคาราเมลจึงมีค่าความหนืดสูงที่สุด

เมื่อศึกษาค่าความสว่าง (L^*) ค่า a^* และค่า b^* พบว่า เมื่อเนื้อตาลโดนดงเพิ่มขึ้นค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ส่วนค่า a^* และค่า b^* มีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่าความสว่าง (L^*) ของซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ไม่เติมเนื้อตาล มีค่าสูงที่สุด คือ 54.84 และซอสคาราเมลเสริมเนื้อตาลโดนดงที่ระดับ 5% มีค่าน้อยที่สุด คือ 42.41 นอกจากนี้ซอสคาราเมลเสริมเนื้อตาลโดนดงที่

ระดับ 5% มีค่า a^* และค่า b^* มากที่สุด คือ 21.40 และ 49.27 ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ P. Tanasombun, *et al.* [15] ศึกษาการใช้เนื้อตาลโดนดงทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 10% ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ งานวิจัยของ S. Kitjavorasatien [16] ที่ศึกษาการพัฒนาสูตรแป้งสาลีเสริมผงเนื้อตาลสุกที่ระดับ 10% และ C. Peeraphatchara and W. Panyathitipong [17] ศึกษาการใช้เนื้อตาลสุกทดแทนแป้งสาลีที่ระดับ 35% ในขนมปัง โดยพบว่าเมื่อใส่เนื้อตาลโดนดงในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ส่วนค่า a^* และค่า b^* เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อตาลโดนดงมีเบต้าแคโรทีนเป็นองค์ประกอบ โดยเนื้อตาลโดนดง 100 กรัม มีเบต้าแคโรทีน 6,075 หน่วยสากล (IU) [12] ซึ่งค่าสีของเบต้าแคโรทีนให้ค่าสีเหลืองและแดง ทำให้เมื่อนำมาเสริมในซอสคาราเมลจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีแดง และสีเหลืองเพิ่มขึ้น

เมื่อนำซอสคาราเมลทั้ง 4 สูตร คือ สูตรพื้นฐานที่ไม่เติมเนื้อตาล และสูตรเสริมเนื้อตาลผงที่ระดับ 3% 4% และ 5% มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า พลังงาน ความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้าของซอสคาราเมลทั้ง 4 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 จากตารางที่ 8 พบว่าปริมาณเนื้อตาลโดนดงเพิ่มขึ้นส่งผลให้ซอสคาราเมลมีค่าพลังงาน ความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใย และเถ้าเพิ่มขึ้น แต่มีคาร์โบไฮเดรตลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐานที่ไม่เติมเนื้อตาล โดยซอสคาราเมลเสริมเนื้อตาลโดนดงที่ระดับ 5% มีพลังงาน 416 kcal ความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใย และเถ้าสูงที่สุด โดยมีค่า 36.19%, 31.88%, 2.77%, 6.51% และ 1.02% ตามลำดับ ส่วนสูตรพื้นฐานที่ไม่เติมเนื้อตาลมีค่าน้อยที่สุด ส่วนคาร์โบไฮเดรตของซอสคาราเมลเสริมเนื้อตาลโดนดงที่ระดับ 5% มีค่า 21.76 % และซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ไม่เติมเนื้อตาล มีค่า 28.63%

ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อตาลโตนดผงมีพลังงาน ความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใย และเถ้า (ตารางที่ 3) ซึ่งเมื่อปริมาณเนื้อตาลโตนดผงเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ขอสคาราเมลที่เสริมเนื้อตาลโตนดผงทั้ง 3 ระดับ มีค่าองค์ประกอบทางเคมีสูงขึ้นด้วย แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในขอสคาราเมลเสริมเนื้อตาลโตนดผงมี

ค่าลดลง เนื่องจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตนั้นได้จากการคำนวณจากสูตร เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต = $100 - (\% \text{ ความชื้น} + \% \text{ โปรตีน} + \% \text{ ไขมัน} + \% \text{ เยื่อใย} + \% \text{ เถ้า})$ ด้วยเหตุนี้ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เยื่อใย และเถ้าเพิ่มที่ขึ้น เมื่อนำมารวมกันและลบกับหนึ่งร้อยค่าของคาร์โบไฮเดรตจึงน้อยลง

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสและค่าความแตกต่างของสูตรพื้นฐานของขอสคาราเมล 3 สูตร

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัส		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.50±0.88	7.80±0.91	7.45±0.88
สี	7.75±0.93 ^a	7.87±0.88 ^a	7.20±0.97 ^b
กลิ่น ^{ns}	7.77±0.80	7.90±0.78	7.55±0.88
รสชาติ ^{ns}	7.62±0.93	7.52±0.96	7.62±0.98
เนื้อสัมผัส ^{ns}	7.40±0.96	7.55±0.90	7.30±1.02
ความชอบโดยรวม ^{ns}	7.47±0.87	7.82±0.90	7.45±0.93

หมายเหตุ : ตัวอักษรแนวอนต่างกัน หมายถึง ค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 7 คุณภาพทางกายภาพของขอสคาราเมลทั้ง 4 สูตร

ตัวอย่าง	ความหนืด (cps)	L*	a*	b*
สูตรพื้นฐาน	$6.51 \times 10^4 \pm 1,555.63^c$	54.84±0.06 ^a	12.61±0.00 ^c	36.52±0.06 ^c
3%	$33.4 \times 10^4 \pm 16,970.56^b$	46.99±0.01 ^b	19.59±0.13 ^b	45.25±0.05 ^b
4%	$35.20 \times 10^4 \pm 11,313.71^{ab}$	45.56±0.01 ^c	20.13±0.37 ^b	43.61±0.57 ^b
5%	$38.00 \times 10^4 \pm 9,899.50^a$	42.41±0.01 ^d	21.40±0.11 ^a	49.27±0.01 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันหมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่า L* คือ ความสว่าง มีค่า 0 – 100

ค่า a* คือ ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a* เป็น + คือ ออกสีแดง และ a* เป็น - คือ ออกสีเขียว)

ค่า b* คือ ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b* เป็น + คือ ออกสีเหลือง และ b* เป็น - คือ ออกสีน้ำเงิน)

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีของขอสคาราเมลทั้ง 4 สูตร จากตัวอย่าง 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรพื้นฐาน	3%	4%	5%
พลังงาน (kcal)	404.18±0.08 ^c	404.40±0.42 ^c	405.77±0.04 ^b	416.17±0.04 ^a
ความชื้น (%)	34.68±0.69 ^c	34.81±0.01 ^b	36.19±0.01 ^a	36.19±0.02 ^a
ไขมัน (%)	29.28±0.00 ^d	30.67±0.04 ^c	30.92±0.03 ^b	31.88±0.04 ^a

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรพื้นฐาน	3%	4%	5%
โปรตีน (%)	1.62±0.03 ^d	2.44±0.04 ^c	2.57±0.03 ^b	2.77±0.02 ^a
คาร์โบไฮเดรต (%)	28.14±0.38 ^a	25.53±0.40 ^b	23.44±0.38 ^c	21.63±0.46 ^d
เยื่อใย (%)	5.39±0.46 ^b	5.48±0.48 ^b	5.87±0.18 ^b	6.51±0.40 ^a
เถ้า (%)	0.89±0.02 ^b	1.07±0.04 ^a	1.01±0.00 ^a	1.02±0.01 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันหมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 9 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของซอสคาราเมลทั้ง 4 สูตร

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัส			
	สูตรพื้นฐาน	3%	4%	5 %
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.48±0.89	7.56±0.95	7.28±0.93	7.31±0.91
สี ^{ns}	7.57±0.87	7.50±0.94	7.27±0.98	7.38±0.96
กลิ่น	7.67±0.87 ^a	7.49±0.92 ^{ab}	7.25±0.94 ^b	7.21±0.88 ^b
รสชาติ	7.70±0.86 ^a	7.31±0.93 ^b	7.17±1.03 ^b	7.10±0.94 ^b
เนื้อสัมผัส ^{ns}	7.40±0.96	7.51±1.01	7.28±1.01	7.25±0.99
ความชอบโดยรวม	7.62±0.86 ^a	7.51±1.01 ^{ab}	7.16±0.97 ^b	7.10±0.86 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรแนวนอนต่างกัน หมายถึง ค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 9 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของซอสคาราเมลทั้ง 4 สูตร พบว่าทดสอบผู้ชิมให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี และเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อแปลผลคะแนนความชอบแบบอันตรภาคชั้นพบว่า ซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ไม่มีน้ำตาล ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมมีค่าเฉลี่ย 7.67 7.70 และ 7.62 ตามลำดับซึ่งอยู่ในระดับชอบมาก ส่วนซอสคาราเมลเสริมน้ำตาลโตนดผงระดับ 3% ผู้ชิมให้คะแนนความชอบด้านกลิ่น และความชอบโดยรวมมีค่าเฉลี่ย 7.67 และ 7.62 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับชอบมาก และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านรสชาติ 7.31 ซึ่งอยู่

ในระดับชอบปานกลาง ดังนั้นซอสคาราเมลสามารถเสริมน้ำตาลโตนดผงได้มากที่สุดที่ระดับ 3% เนื่องจากน้ำตาลโตนดมีรสชาติเปรี้ยว เมื่อเสริมลงในซอสคาราเมลปริมาณมากจะส่งผลให้ซอสคาราเมลมีรสชาติเปรี้ยวตามไปด้วย ทำให้ผู้ทดสอบชิมไม่ให้การยอมรับ

4. สรุป

น้ำตาลสดและน้ำตาลสดเป็นผลิตภัณฑ์จากตาลโตนดที่มีอายุการเก็บรักษาที่สั้น ดังนั้นการแปรรูปให้อยู่ในรูปแบบน้ำเชื่อมตาลโตนดและน้ำตาลโตนดผงเป็นการลดค่า a_w จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้ และยังสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด เช่น นำมาเป็นวัตถุดิบในซอสคาราเมล โดยนำน้ำเชื่อมตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายทั้งหมดในซอสคาราเมลสูตรพื้นฐาน ซึ่งมีส่วนผสม

ดังนี้ น้ำเชื่อมตาลโตนด 32.26% วิปป์ครีม 58.06% และเนยจืด 9.86% จากนั้นนำมาเสริมเนื้อตาลโตนดผง เพื่อพัฒนาให้ซอสคาราเมลมีสี กลิ่น และรสชาติของตาลโตนด พบว่าการเสริมเนื้อตาลโตนดผงที่ระดับ 3% ทำให้ซอสคาราเมลมีคุณภาพทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ไม่ใส่เนื้อตาล แต่ซอสคาราเมลที่พัฒนามีรสชาติเปรี้ยว จากเนื้อตาลโตนดผงทำให้ผู้ที่ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านรสชาติน้อยกว่าซอสคาราเมลสูตรพื้นฐานที่ไม่ใส่เนื้อตาล ด้วยเหตุนี้หากต้องการนำเนื้อตาลโตนดผงไปเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารจึงควรคำนึงถึงรสชาติซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของเนื้อตาลโตนด

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลงด้วยดีด้วยการสนับสนุนจากได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร งบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] K. Choocherd, "The research and development of products from palmyra palm," M.S. thesis, Major in product design. Faculty of applied arts and design., Ubonrajathane Univ., Ubonrajathane, Thailand, 2008.
- [2] *Palmyra Palm*, Information and communication technology center, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2020.
- [3] S. Kamnuansin, "An In-depth Study of Phechaburi People's Local Knowledge of Palmyra Palm through Terminology," Capital grants fund research and Creativity Fund., Silpakorn Univ., Nakhonpathom, Thailand. 2018.
- [4] C. Pangmark and S. Sriwilai. "Thai dessert product development from Palmyra – Plum power," in *Proceeding of The 5th Rajamangala University of technology National Conference*, RMUTP Research Journal Special, Thailand, pp. 39 - 105. n.d.
- [5] S. Kitiaworasatien and V. Pomnoi. *Practical European Food Banoffee pie cup*, Bangkok: n.p., 2019.
- [6] C. Bloom. (2018). *The Art of Caramel: Techniques & Treats*. [Online]. Availability: <http://www.carolebloom.com>.
- [7] Danielle. (2022). *HOMEMADE SALTED CARAMEL SAUCE*. [Online]. Availability: <https://www.livewellbakeoften.com/home-made-salted-caramel-sauce/>
- [8] A. Dholvitayakhun. "Product Development of Plam Sap Powder," *RMUTP Research Journal*, vol. 11, no. 2, pp. 19-26, July-December. 2018.
- [9] O. Chaiprasop. "Food Preservation by Drying and Dehydration," Bangkok: Ramkhamheang University, n.d.
- [10] T. Keeratiburana. "Food Chemistry," Buriram: Buriram Rajahat University, 2014.
- [11] O. Chaiprasop. "Food preservation," 2 ed. Bangkok: Ramkhamheang University, 2008.
- [12] K. Cheuyglintase. "Foog Color Spray Dried Powders from Natural Raw Materials," Contribution from the income budget., Rajamangala Univer of Technology Thanyaburi Pathum Thani, Thailand. 2016.

- [13] J. Wiboonsirikul and P. Chachana. "Quality of Palmyra Palm Pulp After Heat Treatment," The 3rd National Graduate Research Conference RMU GRC, vol. 13, no. 4, pp. 1818-1822, 2018.
- [14] Y. Tanongkankit. "Utilization of Vegetable and Fruit Residues for Production of Dietary Fiber Powder," *Journal of Food Technology, Siam University*, vol. 9, no. 1, pp. 31-38, 2014.
- [15] P. Tanasombun, C. Siripanwattana, S. Prasengchom and N. Ngamsangiam. "Replacement of Palmyra plam powder in Fresh noodle," *SDU Res. J.*, Vol. 7, No. 1, pp. 105-123, Jan-April. 2014.
- [16] S. Kitjavorasatien. " Formulation Development of Steamed Buns by Supplemented Toddy Palm Pulp Powder," *RMUTP Research Journal*, vol. 16, no. 2, pp. 1-11, July-December. 2022.
- [17] C. Peeraphatchara and W. Panyathitipong. " Utilization of Palmra Palm (*Borassus abellifer* L.) of Phetchaburi Community in Bread Making," *RMUTP Research Journal*, vol. 10, no. 1, pp. 168-178, March. 2016.

