

กระบวนการผลิตน้ำเชื่อมจากอินทผลัมเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์วุ้น Process of Syrup from Date Palm for Using in Sweet Agar Dessert

วีณา ทองรอด¹ และ รสพร เจียมจริยธรรม^{2*}

Weena Thongrod¹ and Rossaporn Jiamjariyatam²

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹Department of General Science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

²Department of Chemistry, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

วันที่ส่งบทความ : 23 กุมภาพันธ์ 2564 วันที่แก้ไขบทความ : 30 มิถุนายน 2564 วันที่ตอบรับบทความ : 9 มีนาคม 2565

Received: 23 February 2021, Revised: 30 June 2021, Accepted: 9 March 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของไซรัปอินทผลัมและศึกษาผลการใช้ไซรัปอินทผลัมต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์วุ้น โดยการแปรปริมาณการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซรัปอินทผลัมที่ 4 ระดับ ได้แก่ 0%, 50%, 75% และ 100% จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการด้วยโปรแกรม INMUCAL-Nutrients V.4.0 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไซรัปอินทผลัมต่อ 100 กรัม ให้พลังงาน 359.94 กิโลแคลอรี มีปริมาณ คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เส้นใยอาหาร โปรตีนรวม และไขมัน เท่ากับ 89.99, 23.41, 9.94, 2.52 และ 0.13 กรัม ตามลำดับ และมีปริมาณแร่ธาตุเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณโพแทสเซียมและฟอสฟอรัสเท่ากับ 712.25 และ 32.72 มิลลิกรัม ตามลำดับ จากการทดสอบคุณภาพทางกายภาพโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส พบว่าเมื่อเพิ่มน้ำเชื่อมอินทผลัมในผลิตภัณฑ์วุ้นทำให้ค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจากการยอมรับของผู้บริโภคด้วย 7-point hedonic scale พบว่า ผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้น้ำเชื่อมอินทผลัม 100% มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้น้ำตาลทราย 100% ($p > 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มปริมาณไซรัปอินทผลัมในปริมาณที่สูงขึ้น จะทำให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้น้ำตาลทราย 100% โดยระดับไซรัปอินทผลัมที่เหมาะสมในการใช้ทดแทนน้ำตาลทรายอยู่ที่ระดับมากกว่า 75-100%

คำสำคัญ : วุ้น ไซรัปอินทผลัม คุณค่าทางโภชนาการ

*ที่อยู่ติดต่อ E-mail address: rossaporn@g.swu.ac.th

Abstract

The objectives of this research were to study the nutritive value of date palm syrup and to investigate the effect of using date palm syrup on the sweet agar dessert. The 4 ratios of date palm syrup substituted sucrose in sweet agar dessert were 0%, 50%, 75% and 100%. The nutrition of date palm syrup was analyzed by INMUCAL-Nutrients program V.4.0. It was found that 100 g of date palm syrup provided 359.94 kcal and carbohydrate, moisture, dietary fiber, protein and fat contents were 89.99 g, 23.41 g, 9.94 g, 2.52 g and 0.13 g, respectively. It was found that date palm syrup contained high mineral contents of potassium and phosphorus at 712.25 and 32.72 g, respectively. The physical characteristic of sweet agar dessert was analyzed by texture analyzer. Replacement of date palm syrup in sweet agar dessert significantly decreased the hardness ($p \leq 0.05$). The consumer acceptance was determined using 7-point hedonic scales. The overall acceptance of agar dessert made from 100% date palm syrup gave no significant differences compared to that of the sweet agar dessert made from 100% sucrose ($p > 0.05$). Increasing the amount of date palm syrup in sweet agar dessert showed no significant differences of the sensory preference scores on the appearance, odor, flavor and acceptance compared with those from the sweet agar dessert made from 100% sucrose ($p > 0.05$). In conclusion, the date palm syrup at higher than 75-100% can be used to replace sucrose for sweet agar dessert.

Keywords: Sweet agar dessert, Date palm syrup, Nutritive value

1. บทนำ

ในปัจจุบัน การบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมหวานมีปริมาณเพิ่มขึ้น จากการสำรวจสุขภาพประชาชนไทย ในปี พ.ศ. 2557 พบว่า คนไทยมีแนวโน้มน้ำหนักเกินเกณฑ์มาตรฐานและเป็นโรคอ้วนเพิ่มมากขึ้น โดยคิดเป็นร้อยละ 37.5 [1] จากการสำรวจกลุ่มประชากรอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป พบว่าประชากรกลุ่มอายุ 25-59 ปี มีการปรุงน้ำตาลก่อนรับประทานอาหาร รวมถึงการบริโภคอาหารกลุ่มประเภทขนมมากที่สุด [2] มีรายงานพบว่า การบริโภคน้ำตาลในปริมาณที่มากเกินไปมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ได้แก่ โรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคไขมันในเลือดสูง เป็นต้น [3]-[5] ในปี พ.ศ. 2558 องค์การอนามัยโลก ได้แนะนำว่า ปริมาณการบริโภคน้ำตาลสำหรับประชากรกลุ่มวัยผู้ใหญ่คิดอยู่ที่ร้อยละ 5 ของพลังงานที่ควรได้รับประจำวันหรือคิดเป็น 25 กรัมต่อวัน [6] โดยปริมาณน้ำตาลดังกล่าวไม่รวมน้ำตาลที่พบได้ในธรรมชาติ เช่น ผัก ผลไม้ และผลิตภัณฑ์นม [7]

ผลิตภัณฑ์วุ้นเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานทานเล่นประเภทหนึ่งที่มีลักษณะใสคล้ายเยลลี่ ผลิตมาจากผงวุ้น (Agar) ซึ่งนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอาหารเพื่อเป็นตัวจับกับน้ำและเป็นสารทำให้เกิดเจล มีอะกาโรส (Agarose) และอะกาโรเพกติน (Agaropectin) เป็นส่วนประกอบสำคัญ โดยอะกาโรสเป็น

พอลิแซ็กคาไรด์ที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงประกอบไปด้วย D-galactose และ 3,6-anhydro-L-galactose ในขณะที่อะกาโรเพกตินประกอบไปด้วยเอสเทอร์ของซัลเฟต (Sulfate Ester) กรดกลูคูโรนิก (Glucuronic Acid) และกรดไพรูวิก (Pyruvic Acid) [8]-[10] นอกจากนี้ การผลิตผลิตภัณฑ์วันยังมีน้ำตาลเป็นส่วนที่สำคัญในกระบวนการผลิต เนื่องจากน้ำตาลทรายทำให้โครงสร้างเจลมีความแข็งแรงมากขึ้น โดยการเป็นตัวกลางประสานระหว่างสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำให้ละลายน้ำมากยิ่งขึ้น น้ำตาลยังสามารถทำให้โครงสร้างเจลเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนประเภทตติยภูมิ (Ternary Complex) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ทำให้เจลมีความเสถียรมากยิ่งขึ้น [11]-[12] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kuan และคณะ ที่พบว่าความแข็งแรงของโครงสร้างเจลจะแปรผันตรงกับปริมาณน้ำตาล กล่าวคือ เมื่อปริมาณน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ได้เจลที่มีโครงสร้างแข็งแรงมากยิ่งขึ้น เนื่องจากโมเลกุลน้ำตาลจะทำให้การรวมตัวกันของโปรตีนลดลง [13] อีกทั้งโมเลกุลของน้ำตาลจะทำให้ช่องว่างระหว่างโมเลกุล (Junction Zone) เล็กลง ทำให้ร่างแหเจลยึดเกาะกันมากยิ่งขึ้น จึงทำให้โครงสร้างเจลมีความแข็งแรงและเสถียรมากขึ้น [14]

อินทผลัมเป็นผลไม้ตระกูลเดียวกับปาล์มซึ่งนิยมบริโภคมากในประเทศกลุ่มตะวันออกกลางและแอฟริกาทางเหนือ [15] โดยจัดเป็นผลไม้ที่ให้คุณค่าทางโภชนาการและพลังงานสูง เนื่องจากอินทผลัมมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบหลักมากกว่าร้อยละ 70 โดยน้ำหนักแห้ง อินทผลัมมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 80-83 ความชื้นร้อยละ 10-12 โยอาหารร้อยละ 6.5-11.5 โปรตีนร้อยละ 2-3 ไขมันร้อยละ 3 และไขมันน้อยกว่าร้อยละ 1 โดยปริมาณสารอาหารดังกล่าวขึ้นกับสายพันธุ์ [16] เช่นเดียวกับผลงานวิจัยของ Assirey (2015) ที่พบว่าผลอินทผลัมประกอบด้วยน้ำตาลร้อยละ 71.2-81.4 ไขมันร้อยละ 1.68-3.94 โปรตีนร้อยละ 1.72-4.73 ไขมันร้อยละ 0.12-0.72 ต่อน้ำหนักผลอินทผลัมแห้ง [17] ซึ่งกรดไขมันประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดปาล์มมีโตเลอิก (Palmitoleic Acid) กรดโอเลอิก (Oleic Acid) กรดลิโนเลอิก (Linoleic Acid) และกรดลิโนเลนิก (Linolenic Acid) [18] อีกทั้งยังประกอบไปด้วยโพแทสเซียม 289-512 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 12-27 มิลลิกรัม แมกนีเซียม 56-150 มิลลิกรัม แคลเซียม 123-187 มิลลิกรัม โซเดียม 5-9 มิลลิกรัม รวมทั้งวิตามินและแร่ธาตุอื่น ๆ เช่น วิตามินซี วิตามินบี 1, 2, 3 วิตามินเอ โบรอน โคบอลต์ ทองแดง ฟลูออรีน แมงกานีส ซีลีเนียม และสังกะสี [15],[17],[19]-[20] นอกจากสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายแล้ว ผลอินทผลัมยังประกอบไปด้วยสารประกอบฟีนอลต่าง ๆ เช่น แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) ฟีนอลิก (Phenolics) แครอทีนอยด์ (Carotenoid) สเตอรอล (Sterols) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) คาเทชิน (Catechin) อีพิกาทะชิน (Epicatechin) เป็นต้น [21]-[22] สารประกอบฟีนอลิกมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ที่มีฤทธิ์ต้านทานการอักเสบและฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ก่อโรค ได้แก่ *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* และ *Enterococcus faecalis* [23]-[25] นอกจากนี้คุณค่าทางโภชนาการแล้ว Al-Shahib และ Marshall (2003) พบว่าอินทผลัมประกอบด้วยเพกตินร้อยละ 0.5-3.9 ซึ่งมีประโยชน์กับร่างกายและสามารถนำมาใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารได้ [19] โดยมีรายงานการนำเพกตินเส้นใยอาหาร และไซรัปที่ผลิตจากอินทผลัมมาใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดหรือสารให้ความเป็นเจลในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์แยม ขนมลูกกวาด เยลลี่ ซีส โยเกิร์ต ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ไอศกรีม ผลิตภัณฑ์ขนมอบต่าง ๆ รวมถึงอาหารสุขภาพ เป็นต้น [26]-[30] เนื่องจากน้ำตาลเป็นหัวใจหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์วัน อย่างไรก็ตาม การบริโภคน้ำตาลที่มากเกินไปเป็นสาเหตุของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ในปัจจุบันมี

รายงานการนำสารทดแทนความหวานอื่น ๆ มาผลิตผลิตภัณฑ์วุ้นเพื่อให้มีประโยชน์กับสุขภาพมากที่สุด ได้แก่ ไซรัปอินนูลิน [31] ซอร์บิทอล (Sorbitol) [32] และน้ำผึ้ง [33] เป็นต้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของไซรัปอินทผลัม อีกทั้งศึกษาผลของไซรัปอินทผลัมต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์วุ้นไซรัปอินทผลัม

2. วิธีการทดลอง

2.1 การผลิตไซรัปอินทผลัม

กระบวนการและกรรมวิธีการผลิตไซรัปอินทผลัมดัดแปลงมาจากการศึกษาของ Mimouni และคณะ [34] โดยชั่งอินทผลัม 375 กรัม และน้ำ 1,350 มิลลิลิตร จากนั้น นำไปต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และพักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น นำไปปั่นให้ละเอียดแล้วกรองด้วยกระดาษกรองและผ้าขาวบาง เพื่อแยกกากออก จากนั้น นำไปประเหยน้ำออกด้วยการเคี่ยวเป็นเวลา 40 นาที จนได้ไซรัปอินทผลัมที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 72-75 องศาบริกซ์ [34]-[37] หลังจากนั้นแช่เย็นเพื่อนำไปศึกษาคุณค่าทางโภชนาการด้วยโปรแกรม INMUCAL-Nutrient Software V.4.0 และพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นต่อไป

2.2 การศึกษาผลของไซรัปอินทผลัมต่อคุณภาพทางกายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์วุ้น

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์วุ้นดัดแปลงสูตรพื้นฐาน ทำโดยเปลี่ยนแปลงปริมาณอัตราส่วนของผงวุ้น น้ำ และน้ำตาลทรายตามการศึกษาของ Mursyid [36] และ Cano-Lamadrid และคณะ [33] โดยไซรัปอินทผลัมที่ใช้ทดแทนน้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์วุ้นได้ทำการศึกษารทดแทนน้ำตาลทรายที่ 4 ระดับ ได้แก่ 0% (ไม่ได้ทดแทนน้ำตาลทรายหรือใช้น้ำตาลทราย 100%), 50%, 75% และ 100% สูตรพื้นฐานใช้ผงวุ้นเท่ากับ 3 กรัม น้ำสะอาดเท่ากับ 70 กรัม และน้ำตาลทราย 100 กรัม โดยผสมส่วนผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที ด้วยเครื่อง Thermomix (Vorwerk, Wuppertal, Germany) จากนั้น เทใส่พิมพ์วุ้นที่มีขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร แล้วนำไปแช่เย็นเพื่อให้วุ้นเซตตัวที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง [33],[36] จากนั้นศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ โดยเตรียมตัวอย่างวุ้นโดยการตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมจตุรัสกว้าง ยาว และสูง เท่ากับ 2 เซนติเมตร จากนั้น วัดค่าความแข็งด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Food Texture Analyzer Model TA Prime) โดยใช้ Load Cell 50 กิโลกรัม หัววัด Cylindrical Probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร ด้วยแรง Strain ประมาณ 50% และช่วงเวลา 15 วินาทีระหว่างแต่ละรอบการทดสอบให้ปรับใช้เป็นความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที [37] ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และนำมาศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์วุ้นในด้านลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม เตรียมตัวอย่างวุ้นโดยนำวุ้นออกจากตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตัดวุ้นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมจตุรัสกว้าง ยาว และสูง เท่ากับ 2 เซนติเมตร ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 7-Point Hedonic Scale ทำการทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน อุณหภูมิของวุ้นขณะทดสอบเท่ากับ 8±1 องศาเซลเซียส ผู้ทดสอบจะได้รับวุ้นจำนวน 3 ชิ้นต่อทริทเมนต์

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการทดสอบคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางกายภาพวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ส่วนการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics Base 22.0 ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์แบบ One-Way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 คุณภาพทางโภชนาการของไซรัปอินทผลัม

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไซรัปอินทผลัม 100 กรัม พบว่า มีพลังงาน 359.94 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรต 89.99 กรัม ความชื้น 23.41 กรัม เส้นใยอาหาร 9.94 กรัม โปรตีนรวม 2.52 กรัม และไขมัน 0.13 กรัม นอกจากนี้ ยังมีวิตามินและแร่ธาตุ ได้แก่ โพแทสเซียม 712.25 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 32.72 มิลลิกรัม แคลเซียม 12.58 มิลลิกรัม และโซเดียม 3.78 มิลลิกรัม โดยเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Mimouni และคณะ [34] พบว่า ไซรัปอินทผลัมในการศึกษานี้มีปริมาณความชื้น แคลเซียม และโพแทสเซียมสูงกว่า แต่มีปริมาณโปรตีน ธาตุเหล็ก โซเดียม และสังกะสีต่ำกว่าไซรัปอินทผลัมจากการศึกษาของ Mimouni และคณะ [34] ซึ่งได้ทำการทดลองผลิตน้ำเชื่อมจากผลอินทผลัมโดยใช้เวลา 70 วันในการทำให้ตกผลึกกลูโคส พบว่าน้ำเชื่อมที่ผลิตได้มีปริมาณความชื้น 13.7 กรัม โปรตีน 3.86 กรัม แคลเซียม 5.45 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 17.55 มิลลิกรัม โซเดียม 50 มิลลิกรัม และสังกะสี 0.74 มิลลิกรัม ผลที่ได้ อาจเกิดจากความแตกต่างของสายพันธุ์อินทผลัมที่ใช้ในการผลิตไซรัป ความเข้มข้นของไซรัป รวมถึงอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารต่าง ๆ [34] ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Farahnaky และคณะ ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไซรัปอินทผลัม ไซรัปอินทผลัมเข้มข้น และน้ำเชื่อมอินทผลัม โดยมีระดับความเข้มข้นน้ำตาล 72 องศาบริกซ์ พบว่า ไซรัปสูตรปกติมีปริมาณความชื้น (24.07 ± 0.72 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) และเถ้า (2.18 ± 0.01 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง) น้อยกว่าไซรัปสูตรเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ ไซรัปทั้งสูตรปกติและเข้มข้นมีปริมาณเถ้ามากกว่าน้ำเชื่อมอินทผลัม ซึ่งเกิดจากขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ (Purification) โดยน้ำเชื่อมอินทผลัมเป็นผลผลิตสุดท้ายที่ได้จากกระบวนการผลิตไซรัปอินทผลัม [38] เช่นเดียวกับการศึกษาของ EL-Nagga และ EL-Tawab ที่เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของไซรัปอินทผลัมด้วยกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน พบว่าการสกัดไซรัปอินทผลัมด้วยไมโครเวฟที่ 70°C ให้ไซรัปที่เข้มข้นที่สุด รวมทั้งปริมาณโปรตีน เถ้า โซเดียม แคลเซียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม ธาตุเหล็ก และสังกะสี มากกว่าการสกัดด้วยวิธี Water bath และ Rotary method [39]

3.2. คุณภาพทางกายภาพ

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้ น้ำตาลทรายและไซรัปอินทผลัม จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มน้ำเชื่อมอินทผลัมในผลิตภัณฑ์วุ้นทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์วุ้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์วุ้นที่ผลิตจากไซรัป

อินทผลั้มมีความแข็งแรงน้อยกว่าผลิตภัณฑ์วุ้นที่ผลิตจากน้ำตาลทรายหรือซูโครส เนื่องจากน้ำตาลฟรุกโตสและสารแทนนินที่พบในผลไม้ อย่างเช่นผลอินทผลั้มมีหน้าที่เป็นตัวจำกัดโปรตอน (Proton Scavenger) ซึ่งทำให้ขัดขวางการเกิดเจล [9] ส่งผลทำให้เจลของผลิตภัณฑ์วุ้นไม่แข็งแรง ในทางตรงกันข้ามผลิตภัณฑ์วุ้นที่ผลิตจากน้ำตาลทรายมีค่าความแข็งที่สูง เนื่องจากน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครสมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลมาก ซึ่งหมู่ไฮดรอกซิลจะมีความสามารถช่วยเพิ่มจำนวนพันธะไฮโดรเจน ส่งผลให้เกิดเป็นโครงสร้างร่างแห (Cross-Links) ที่แข็งแรงระหว่างกระบวนการเกิดเจล (Gelation) และยังลดช่องว่างของโครงสร้างร่างแห ทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงมาก [40]-[41] นอกจากนี้ยังพบว่าโครงสร้างเจลที่ใช้น้ำตาลซูโครสจะสูญเสียน้ำออกจากโครงสร้างมากกว่าโครงสร้างเจลที่ใช้น้ำตาลฟรุกโตส [42]-[43]

ตารางที่ 1. ลักษณะทางกายภาพด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้ไซรัปอินทผลั้ม (0, 50, 75 และ 100%)

ลักษณะทางกายภาพ	ผลิตภัณฑ์วุ้นไซรัปอินทผลั้มที่ใช้ไซรัปอินทผลั้ม (%)			
	0%	50%	75%	100%
ด้านความแข็ง (กรัม)	133.1 ^d ± 9.7	110.8 ^c ± 2.8	90.45 ^b ± 1.4	84.8 ^a ± 1.5

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-d} ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3.3 การยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์วุ้นไซรัปอินทผลั้ม

ผลการศึกษาการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซรัปอินทผลั้มในผลิตภัณฑ์โดยการแปรปริมาณของไซรัปอินทผลั้มในผลิตภัณฑ์วุ้นที่ 4 ระดับ ได้แก่ 0%, 50%, 75% และ 100% ดังแสดงในตารางที่ 2 คะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์วุ้นในด้านลักษณะปรากฏและสีของทั้งสี่สูตรมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้ไซรัปอินทผลั้ม 50% มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมต่ำที่สุดและแตกต่างจากผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้น้ำตาลทราย 100% เนื่องจากอินทผลั้มประกอบไปด้วยน้ำตาลกลูโคส 35-41% ฟรุกโตส 31-36% และซูโครส 2-9% โดยน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสจัดเป็นน้ำตาลประเภทรีดิวซ์ (Reducing Sugar) [44]-[45] เมื่อให้ความร้อนแก่น้ำตาลประเภทดังกล่าวจึงเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดและคาราเมลไรเซชัน ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น รวมทั้งให้กลิ่นรสที่มีลักษณะเฉพาะ [46] สอดคล้องกับการศึกษาของ Alsenaien และคณะ [47] พบว่าเมื่อทดแทนน้ำตาลทรายด้วยอินทผลั้มและไซรัปอินทผลั้มในผลิตภัณฑ์คุกกี้ ทำให้ผลิตภัณฑ์คุกกี้มีสีที่คล้ำขึ้น [47] เช่นเดียวกับการศึกษาอื่น ๆ ที่พบว่าเมื่อปริมาณไซรัปเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณไซรัปจะทำให้ปริมาณฟรุกโตสเพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าวมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น [48]-[52] ส่วนคะแนนด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์วุ้นที่ระดับไซรัปอินทผลั้ม 0-100% มีคะแนนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีแนวโน้มลดลงตามระดับการเติมไซรัปอินทผลั้ม อาจเนื่องมาจากฟรุกโตสในโครงสร้างเจลมากขึ้น ฟรุกโตสจะขัดขวางการรวมตัวกันของโมเลกุลอะกาโรส (Agarose Gel) ทำให้โมเลกุลดังกล่าวไม่สามารถเกิดโครงสร้างเกลียวได้ (Helix Chains) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เมื่อผลิตภัณฑ์เย็นตัวลงจะทำให้โครงสร้างเจลมีความแข็งแรงลดลง [53] นอกจากนี้

การศึกษาของ Maurer และคณะ [42] กล่าวว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลจะทำให้เจลที่ได้มีค่ายืดหยุ่น (Elastic Modulus) เพิ่มขึ้น แต่ที่ระดับน้ำตาลซูโครส 40% หรือน้ำตาลฟรุกโตส 60% เจลจะเริ่มไม่ยืดหยุ่น [42] ส่งผลให้ได้เจลที่มีความยืดหยุ่นต่ำ มีความเปราะ และใส [54] อีกทั้งเมื่อปริมาณน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นจะทำให้โครงสร้างเจลอุ้มน้ำไม่ดี เนื่องจากโมเลกุลน้ำตาลแย่งอะกาโรสจับกับน้ำ ทำให้โครงสร้างเกลียวของอะกาโรสคลายตัว และเมื่อโครงสร้างเจลอุ้มน้ำได้น้อย จะทำให้เกิดโครงสร้างผลึกร่างแหของโมเลกุลน้ำตาล [42] เช่นเดียวกับการศึกษาของ Evageliou และคณะ [55] ที่พบว่าที่ระดับความเข้มข้นเท่ากัน ประเภทน้ำตาลมีผลต่อความแข็งแรงของเจล โดยน้ำตาลฟรุกโตสจะทำให้โครงสร้างเจลที่ทำจากเพกตินที่มีหมู่เมทอกซิลจำนวนมากมีความแข็งแรงมากที่สุด [55] เนื่องจากจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมีผลโดยตรงกับการขัดขวางการสร้างพันธะระหว่างโมเลกุลของเจล โดยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีหมู่ไฮดรอกซิลมาก จะสามารถขัดขวางการเกิดพันธะระหว่างโมเลกุลของเจลมากขึ้น [56] นอกจากนี้ น้ำตาลซูโครสมีผลต่อรสชาติความหวานของผลิตภัณฑ์วุ้น เนื่องจากน้ำตาลซูโครสจะทำให้เจลมีค่าความเปราะมากขึ้น เมื่อรับประทานผลิตภัณฑ์วุ้นที่ทำจากน้ำตาลทราย น้ำลายและการบดเคี้ยวจะทำให้วุ้นแตกหักเป็นชิ้นเล็ก ๆ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์วุ้นในช่องปาก ทำให้สามารถรับรสชาติความหวานได้มากกว่า [10],[57]

ตารางที่ 2. คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์วุ้นที่ไซรัปอินทผลัม (0, 50, 75 และ 100%)

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์วุ้นที่ระดับไซรัปอินทผลัมต่าง ๆ (mean \pm S.D.)			
	0%	50%	75%	100%
ลักษณะปรากฏ	5.00 ^a \pm 1.1	4.60 ^a \pm 1.3	4.83 ^a \pm 1.2	5.03 ^a \pm 1.1
สี	4.70 ^a \pm 1.4	4.6 ^a \pm 1.3	5.00 ^a \pm 1.2	4.77 ^a \pm 1.1
กลิ่นรส	4.90 ^b \pm 1.2	4.03 ^a \pm 1.5	4.30 ^{ab} \pm 1.5	4.47 ^{ab} \pm 1.6
เนื้อสัมผัส	5.10 ^b \pm 1.1	4.47 ^a \pm 1.2	4.80 ^{ab} \pm 1.1	4.77 ^{ab} \pm 0.8
รสชาติ	4.67 ^b \pm 1.4	3.77 ^a \pm 1.2	4.27 ^{ab} \pm 1.5	4.40 ^{ab} \pm 1.7
ความชอบโดยรวม	4.80 ^b \pm 1.4	3.77 ^a \pm 1.4	4.20 ^{ab} \pm 1.5	4.53 ^{ab} \pm 1.5

หมายเหตุ ตัวอักษร ^{a-b} ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณภาพทางโภชนาการของไซรัปอินทผลัมต่อปริมาณ 100 กรัม พบว่า ไซรัปอินทผลัมให้พลังงาน 359.94 กิโลแคลอรี มีปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร โปรตีนรวม และไขมัน เท่ากับ 23.41, 89.99, 9.94, 2.52 และ 0.13 กรัม ตามลำดับ อีกทั้งยังประกอบไปด้วยวิตามินและ

แร่ธาตุต่าง ๆ ได้แก่ โพแทสเซียม 712.25 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 32.72 มิลลิกรัม เป็นต้น จากการทดสอบคุณภาพด้านความแข็งแรงพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณไซรัปอินทผลัมในผลิตภัณฑ์วุ้นทำให้ค่าความแข็งแรงลดลง โดยผลิตภัณฑ์วุ้นที่ทดแทนด้วยไซรัปอินทผลัมที่ระดับ 100% มีความแข็งแรงน้อยกว่าผลิตภัณฑ์วุ้นที่ใช้น้ำตาลทราย 100% เมื่อนำไปทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า ที่ระดับไซรัปอินทผลัม 100% มีคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์วุ้นสูตรน้ำตาลทราย ($p>0.05$) ไซรัปอินทผลัมสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์วุ้นรวมถึงผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นได้ โดยระดับการทดแทนไซรัปอินทผลัมที่เหมาะสมอยู่ที่ระดับ 75-100% เนื่องจากมีคะแนนความชอบด้านต่าง ๆ ไม่แตกต่างจากสูตรที่ใช้น้ำตาลทราย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากทุนวิจัยเงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์ ปีงบประมาณ 2564 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Phulkerd, S., Thongcharoenchupong, N., Chamrathirong, A., Soottipong, R.G. and Prasertsom, P. 2020. Changes in population-level consumption of taxed and non-taxed sugar-sweetened beverages (SSB) after implementation of SSB excise tax in Thailand: A prospective cohort study. *Nutrients*, 12(11), 1-12.
- [2] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2560. สํารวจพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารของประชากร พ.ศ. 2560. แหล่งข้อมูล : http://www.nso.go.th/sites/2014/DocLib13/ด้านสังคม/สาขาสุขภาพ/Food_consumption_behavior_of_the_population/2560/สรุปสำหรับผู้บริหารสขอ.60แก้ไข2.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2564.
- [3] Freeman, C.R., Zehra, A., Ramirez, V., Wiers, C.E., Volkow, N.D. and Wang, G.J. 2018. Impact of sugar on the body, brain, and behavior. *Frontiers in Bioscience (Landmark Edition)*, 23, 2255-2266.
- [4] Jensen, T., Abdelmalek, M.F., Sullivan, S., Nadeau, K.J., Green, M., Roncal, C., Nakagawa, T., Kuwabara, M., Sato, Y., Kang, D.H., Tolan, D.R., Sanchez-Lozada, L.G., Rosen, H.R., Lanaspa, M.A., Diehl, A.M. and Johnson, R.J. 2018. Fructose and sugar: A major mediator of non-alcoholic fatty liver disease. *Journal of Hepatology*, 68(5), 1063-1075.
- [5] Lock, A., Schneiderhan, J. and Zick, S.M. 2018. Diets for health: Goals and guidelines. *American Academy of Family Physicians*, 97(11), 721-728.

- [6] World Health Organization. 2015. Guideline: Sugars intake for adults and children (WHO) Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee). Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK285537>. Retrieved 5 February 2021.
- [7] Mela, D.J. and Woolner, E.M. 2018. Perspective: Total, Added or Free? What kind of sugars should we be talking about?. *Advances in Nutrition*, 9(2), 63-69.
- [8] Lahaye, M. and Rochas, C. 1991. Chemical structure and physico-chemical properties of agar. *Hydrobiologia*, 221(1), 137-148.
- [9] Wustenberg, T. 2014. Cellulose and cellulose derivatives in the food industry. Wiley-VCH, Markono Print Media Pte Ltd.
- [10] Zheng, W., Kun, Y., Tom, B., Hiroe, K. and Katsuyoshi, N. 2014. The influence of agar gel texture on sucrose release. *Food Hydrocolloids*, 36, 196-203.
- [11] Gekko, K., Li, X. and Makino, S. 1992. Effects of polyols and sugars on the sol-gel transition of gelatin. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 56(8), 1279-1284.
- [12] Naftalin, R.J. and Symons, M.C. 1974. The mechanism of sugar-dependent stabilization of gelatin gels. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes*, 352, 173-178.
- [13] Kuan, Y.H., Nafchi, A.M., Huda, N. and Ariffin, F. 2016. Effects of sugars on the kinetics and texture of duck feet. *Food Hydrocolloids*, 58, 267-275.
- [14] Oakenfull, D. and Scott, A. 1986. Stabilisation of gelatin gels by sugars and polyols. *Food Hydrocolloids*, 1(2), 163-175.
- [15] Al-Shwyeh, H.A. 2019. Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit as potential antioxidant and antimicrobial agents. *Journal of Pharmacy and BioAllied Science*, 11(1), 1-11.
- [16] Sulieman, A.M., Salih Ebaid alla, A.M. and Elkashif, M.E. 2009. Quality and evaluation of syrup from local date (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars. *Gezira Journal of Agricultural Science*, 7(22), 231-239.
- [17] Assirey, E.A.R. 2015. Nutritional composition of fruit of 10 date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars grown in Saudi Arabia. *Journal of Taibah University for Science*, 9(1), 75-79.
- [18] Al-Turkustani, A.M., Al-Sawat, R.M., Al-Hassani, R.H., Al-Ghamdi, N.S., Al-Harbi, E.M., Al-Gamdi, M.A. and Al-Solmi, S.A. 2013. Corrosion behavior of mild steel in acidic solution using the aqueous seed extract of *Phoenix dactylifera* L. (Date seeds). *Journal of Chemica Acta*, 2, 53-61.
- [19] Al-Shahib, W. and Marshall, R. 2003. The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future? *International Journal of Food Science and Nutrition*, 54(4), 247-259.

- [20] Jamil, M.S., Nadeem, R., Hanif, M.A., Ali, M.A. and Akhtar, K. 2010. Proximate composition and mineral profile of eight different unstudied date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties from Pakistan. *African Journal of Biotechnology*, 9, 3252-3259.
- [21] Chandrasekaran, M. and Bahkali, A.H. 2013. Valorization of date palm (*Phoenix dactylifera*) fruit processing by-products and wastes using bioprocess technology-Review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20(2), 105-120.
- [22] Ghnimi, S., Umer, S., Karim, A. and Kamal-Eldin, A. 2017. Date fruit (*Phoenix dactylifera* L.): an underutilized for seeking industrial valorization. *Society of Nutrition and Food Science Journal*, 6, 1-10.
- [23] Sohaimy, S.A.E.L., Abdelwahab, A.E. and Brennan, C.S. 2015. Phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of Egyptian date palm fruits. *Australian Journal of Basic and Applied Science*, 9(1), 141-147.
- [24] Samad, M.A., Hashim, S.H., Simarani, K. and Yaacob, J.S. 2016. Antibacterial properties and effects of fruit chilling and extract storage on antioxidant activity, total phenolic and anthocyanin content of four date palm (*Phoenix dactylifera*) cultivars. *Molecules*, 21(4), 419.
- [25] Taleb, H., Maddocks, S.E., Morris, R.K. and Kanekanian, A.D. 2016. Chemical characterization and the anti-inflammatory, anti-angiogenic and antibacterial properties of date fruit (*Phoenix dactylifera* L.). *Journal of Ethnopharmacology*, 194, 457-468.
- [26] Riedel, H.R. 1986. Dates, where they come from and how they can used in the confectionery industry. *Kakao und Zucker*, 38(12), 16-19.
- [27] El-Shaarawy, M., Mesallam, M.I., El-Nakhal, A.S. and Wahdan, A.N. 1989. Studies on extraction of dates. Proceedings 2nd Symposium on Date Palm, Saudi Arabia, 259-271.
- [28] Ramadan, B.R. 1995. Biochemical, nutritional and technological studies on dates. Ph.D. Thesis, Food Science and Technology Department, Faculty of Agriculture, Assiut University.
- [29] Alhamdan, A.M. and Hassan, B.H. 1999. Water sorption isotherms of date pastes as influenced by date cultivar and storage temperature. *Journal of Food Engineering*, 39(3), 301-306.
- [30] Al-Hooti, S.N., Sidhu, J.S., Al-Saqer, J.M. and Al-Othman, A. 2002. Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulase enzyme treatment. *Food Chemistry*, 79(2), 215-220.
- [31] Kronberga, M., Karklina, D., Murniece, I. and Kruma, Z. 2011. Changes of agar-agar gel properties after replacing sucrose by inulin syrup. *Conference Baltic Conference on Food Science & Technology Foodbalt*, 137-142.

- [32] Toncheva, G., Hadjikinov, D. and Panchev, I. 1994. Investigation of syneresis of agar jellies with sorbitol. *Food Chemistry*, 49(1), 29-31.
- [33] Cano-Lamadrid, M., Calin-Sanchez, A., Clemente-Villalba, J., Hernandez, F., Carbonell-Barrachina, A.A., Sendra, E. and Wojdylo, A. 2020. Quality parameters and consumer acceptance of jelly candies based on pomegranate juice “Mollar de Elche”. *Foods*, 9(516), 1-17.
- [34] Mimouni, Y., Siboukeur, O. and Bayoussef, Z. 2014. Fructose-rich syrup from Ghars cultivar dates (*Phoenix dactylifera* L.). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26(11), 963-969.
- [35] Institute of Nutrition, Manual of INMUCAL-Nutrients, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand, 4th edition, 2009.
- [36] Mursyid, S. 2018. The effect of sugar and agar-agar concentration on Nypa fruit slice jam. *Indonesian Food Science & Technology Journal*, 1(1), 12-14.
- [37] Susana, R.A., Juan, V.C., Maria, L.C. and Maria, D.O. 2016. Physicochemical characteristics of citrus jelly with non-cariogenic and functional sweeteners. *Journal of Food Science and Technology*, 53(10), 3642-3650.
- [38] Farahnaky, A., Mardani, M., Mesbahi, G.H., Majzoobi, M. and Golmakani, M.T. 2016. Some physicochemical properties of date syrup, concentrate, and liquid sugars in comparison with sucrose solutions. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18(3), 657-668.
- [39] EL-Nagga, E.A. and EL-Tawab, Y.A. 2012. Compositional characteristics of date syrup extracted by different methods in some fermented dairy products. *Annals of Agricultural Science*, 57(1), 29-36.
- [40] Watase, M., Nishinari, K., Williams, P.A. and Phillips, G.O. 1990. Agarose gels: Effect of sucrose, glucose, urea, and guanidine hydrochloride on the rheological and thermal properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(5), 1181-1187.
- [41] Ellis, A.L., Mills, T.B., Norton, I.T. and Norton-Welch, A.B. 2019. The effect of sugars on agar fluid gels and the stabilization of their foams. *Food Hydrocolloids*, 87, 371-381.
- [42] Maurer, S., Junghans, A. and Vilgis, T.A. 2012. Impact of xanthan gum, sucrose and fructose on the viscoelastic properties of agarose hydrogels. *Food Hydrocolloids*, 29(2), 298-307.
- [43] Lucia, Z., Paula, R., Judith, A.P. and Analia, G.A. 2015. Gelling ability of kefir in the presence of sucrose and fructose and physicochemical characteristics of the resulting cryogels. *Journal of Food Science and Technology*, 52(8), 5039-5047.

- [44] Keshtkaran, M. and Mohammadifar, M.A. 2013. The effects of date syrup and gum tragacanth on physical and rheological properties of date milk beverage. *Journal of Dairy Science*, 8(2), 147-155.
- [45] Mohamed, A.S.H., Mohamed, T.F., Mahmoud, A.E.A., Nagah, E.N.A. and Esam, A.M.M. 2017. Evaluation of physico-chemical properties of some date varieties and yoghurt made with its syrup. *Journal of Biological Sciences*, 17(5), 213-221.
- [46] Majzoubi, M., Mansouri, H., Mesbahi, G.H., Farahnaky, A. and Golmakani, M.T. 2016. Effects of sucrose substitution with date syrup and date liquid sugar on the physicochemical properties of dough biscuits. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18, 643-656.
- [47] Alsenaien, W.A., Alamer, R.A., Tang, Z.X., Albahrani, S.A., Al-Ghannam, M.A. and Aleid, S.M. 2015. Substitution of sugar with dates powder and dates syrup in cookies making. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 8(1), 8-13.
- [48] Volpe, T. and Meres, C. 1976. Use of high fructose corn syrup in white layer cake. *Bakers Digest*, 50, 38.
- [49] Porabolghasem, M. and Ayoubi, A. 2017. Substituting sugar with date syrup in cupcake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 5(13), 808-819.
- [50] Soha, R.K., Hanan, A.H. and Sakina, R.A. 2018. New approach for using different forms of sweet sorghum syrup in cake making. *World Journal of Food Science and Technology*, 2(2), 25-32.
- [51] Sidhu, J.S., Al-Saqer, J.M., Al-Hooti, S.N. and Al-Othman, A. 2003. Quality of pan bread made by replacing sucrose with date syrup produced by using pectinase/cellulase enzymes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58, 1-8.
- [52] Wafaa, M.S., Samiha, A.A. and Waheed, A.R. 2016. Effect of substituting sucrose with date syrup concentrate on the quality of soy ice cream. *Journal of American Science*, 12(6), 1-7.
- [53] Deszczynski, M. 2003. Effect of sugars on the mechanical and thermal properties of agarose gels. *Food Hydrocolloids*, 17(6), 793-799.
- [54] Kasapis, S., Al-Marhoobi, I.M., Deszczynski, M., Mitchell, J.R. and Abeysekera, R. 2003. Gelatin vs polysaccharide in mixture with sugar. *Biomacromolecules*, 4(5), 1142-1149.
- [55] Evageliou, V., Richardson, R.K. and Morris, E.R. 2000. Effect of sucrose, glucose, and fructose on gelation of oxidized starch. *Carbohydrate Polymers*, 42(3), 261-272.
- [56] Doyle, J.P., Giannouli, P., Martin, E.J., Brooks, M. and Morris E.R. 2006. Effects of sugars, galactose content and chain length on freeze-thaw gelation of galactomannans. *Carbohydrate Polymers*, 64, 391-401.

- [57] Sala, G. and Stieger, M. 2013. Time to first fracture affects sweetness of gels. *Food Hydrocolloids*, 30, 3073-3081.