تأثیر جایگزینی شکر با شربت افرا بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی، میکروبی و حسی بستنی

صدیقه یزدان پناه[1*] ، مهناز پیری[1]

1- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران

(تاریخ دریافت: 98/11/22 تاریخ پذیرش: 99/02/21)

چکیده

شربت افرا یک شیرین‌کننده طبیعی است که می‌تواند جایگزین ساکارز شود. این ترکیب حاوی پلی‌فنول‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها، ترکیبات ترمیم‌کننده سلول-های عصبی، کلسیم، آهن و سایر ترکیبات است که می تواند باعث ارتقای بهداشت تغذیه و امکان تولید محصولات کم‌کالری گردد. اصلی‌ترین نقش قندها در افزایش مطلوبیت محصول، مربوط به نقش شیرین کنندگی آنها، بهبود خصوصیت خامه‌ای و کمک به بارز شدن عطر و طعم میوه‌ای می‌باشد. با تمام فوایدی که ساکارز به عنوان یک شیرین کننده طبیعی دارد، اما به دلیل عوارض جانبی نامطلوب مصرف بالای آن توصیه نمی‌شود. هدف از انجام این پژوهش بررسی امکان جایگزینی شکر با شربت افرا و تأثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی، میکروبی و حسی بستنی بوده است. در این مطالعه شربت افرا در سطوح 0، 25، 50 و 75 درصد به عنوان جایگزین شکر برای تولید بستنی استفاده و بررسی شد. سپس آزمایشات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی، میکروبی و حسی انجام شد. نتایج آزمون‌ها بر اساس طرح کاملا تصادفی در سطح احتمال 5% تجزیه و تحلیل شد. با افزایش درصد جایگزینی، مقدار ویسکوزیته و سفتی تیمارها به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p<0/05$). مقدار ماده خشک، افزایش حجم، وزن مخصوص، سرعت ذوب به طور معنی داری کاهش یافت. بررسی نتایج آزمون‌های حسی نشان داد که جایگزینی تا سطح 50 و 75 درصد تأثیر معنی-داری بر پذیرش کلی در مقایسه با شاهد داشته است و جایگزینی در سطح 50 درصد به عنوان مناسب‌ترین سطح جهت جایگزینی انتخاب شد. با توجه به اینکه در کشور امکان بهره‌برداری از درخت افرا وجود دارد، بنابراین از شربت افرا به تنهایی یا در ترکیب با سایر شیرین کننده‌ها می‌توان در محصولات غذایی گوناگون و دسرهای لبنی برای شیرین کردن، افزایش طعم، تولید محصولات کم‌کالری و رژیمی مناسب تمام سنین استفاده کرد.

کلید واژگان: بستنی، شربت افرا، سرعت ذوب‌شدن، ویسکوزیته.

*مسئول مکاتبات: yazdanpanah2004@gmail.com

1- مقدمه

در هرم غذایی، لبنیات به عنوان یکی از پنج گروه مهم غذایی آمده که مصرف روزانه آن دو تا سه واحد توصیه شده است[1]. در بین محصولات لبنی بستنی به دلیل توانایی نگهداری طولانی مدت، بدون تغییر در ویژگی‌های محصول و نیز محبوبیت زیادی در بین افراد با گروه‌های سنی مختلف دارد و به سبب خصوصیات حسی ویژه مورد توجه قرار گرفته است. بستنی طیف وسیعی از انواع دسرهای منجمد را در برمی‌گیرد که به شکل منجمد مصرف می‌شود و به عنوان محصول مغذی، چرب، شیرین و خوش ذائقه، شناخته شده است. این سیستم غذایی پیچیده دارای چند فاز است که این فاز شامل کریستال‌های یخ، حباب‌های هوا، گلبول‌های چربی منعقد شده و فاز محلول شامل شکر، پروتئین و پلی‌ساکاریدها می‌باشد. چربی‌ها به صورت امولسیون، قوام دهنده‌ها و مواد جامد بدون چربی به صورت کلوئیدی وجود دارند و قندها یک محلول حقیقی را تشکیل می‌دهند[2]. یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های کارخانه‌های بستنی، تولید محصولی با کیفیت مناسب از لحاظ ظاهر، بافت، بو و مزه با میزان انرژی‌زایی کمتر می‌باشد. اما کاهش یا حذف شکر تاثیرات نامطلوبی بر ویژگی‌های حسی، فیزیکی و بافتی فرآورده دارد. شکر در فرمولاسیون بستنی نقش‌های مختلفی را مانند شیرین کننده، پرکننده، کنترل کننده اندازه کریستال‌های یخ بر عهده دارد. هرچه محتوای قند محصول بیشتر باشد، بستنی سفت‌تر شده و نقطه انجماد آن پایین‌تر خواهد بود[3]. با توجه به نقش شکر در رژیم غذایی افراد و ضرورت کاهش مقدار آن در سبد غذایی روزانه، انتخاب فرمولاسیون مناسب و تولید یک دسر منجمد با میزان شکر پایین با هدف سلامتی‌زایی، در کنار حفظ ویژگی‌های حسی و بافتی محصولات مورد پذیرش مصرف کنندگان، در صنعت مواد غذایی نوعی چالش بشمار می‌رود [4]. با تمام فوایدی که ساکارز به عنوان یک شیرین کننده طبیعی با ویژگی های عملکردی ممتاز دارد، به دلیل ارتباط با برخی مشکلات سلامتی مثل چاقی، فساد دندان، فشار خون، افزایش سطح گلوکز و انسولین خون که به ویژه برای دیابتی‌ها مضر است و از طرف دیگر مسائل اقتصادی و تکنولوژی، امروزه سعی بر آن شده است که قندهای مختلفی به عنوان جایگزین شکر در بستنی استفاده شود و مقدار قند مصرفی کاهش یابد [5]. انواع مختلف بسیاری از درختان در جنگل‌های پنسیلوانیا وجود دارد، اما شیرین‌ترین درخت در پنسیلوانیا، درخت افرا (تیره ناترکیان، گونه *Acer saccharum*) است [6]. شربت افرا از قدیمی‌ترین مواد غذایی طبیعی در آمریکای شمالی است که در فرهنگ عام به عنوان یک شیرین کننده طبیعی شناخته می‌شود [6]. درختان افرا در شرایط اقلیمی سرد اقدام به ذخیره مواد نشاسته‌ای در تنه و ریشه‌ها قبل از فرا رسیدن زمستان می‌کنند ولیکن نشاسته مذکور با فرا رسیدن بهار به قند تبدیل می‌شود و وارد شیره گیاهی می‌گردد. بنابراین با سوراخ کردن بموقع تنه درختان افرا می‌توان به جمع‌آوری شیره گیاهی حاوی قند پرداخت [6]. مهمترین اجزای متشکله شیره افرا را آب و ساکارز تشکیل می‌دهند، ولیکن مقادیر اندکی از مونوساکاریدهای گلوکز و فروکتوز نیز وجود دارد که در اثر واکنش‌های برگشت پذیری قندها در ضمن جوشاندن شیره حاصل می‌آیند. به همین دلیل شربت افرا به ماده ای مفید جهت سلامتی انسان تبدیل شده است. میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدان شربت افرا حدودا 2% وزن خشک آن می‌باشد. امروزه از شربت افرا بعنوان طعم دهنده‌ی بستنی‌ها، کلوچه‌ها و بعنوان شیرین‌کننده در گندم، کنجد، عسل و قطعات میوه خشک که برای صبحانه، استفاده می‌شود [7]. مطالعات چندی بر روی جایگزین شربت‌های طبیعی بجای شکر صورت گرفته است. حامد و همکار(1983) در پژوهشی که بر روی بستنی انجام شد، جایگزین شکر با شیره‌ی خرما تا 15 درصد هیچ گونه تاثیری بر ویسکوزیته و اوروان نداشته است [8]. آکین و همکاران (2007) در پژوهش خود افزایش میزان اوروان بستنی ماستی را با افزایش غلظت شکر و اینولین، به دلیل انجام پیوند با مولکول های آب، تشکیل شبکه سه بعدی و به دام انداختن این مولکول ها داخل شبکه و عدم تحرک آنها، گزارش نمودند [9]. اسیک و همکاران (2011) در پژوهشی با هدف تولید ماست منجمد کم‌کالری از اینولین و ایزو مالت به عنوان جایگزین چربی و شکر استفاده کردند که با افزایش مقدار اینولین و ایزومالت ویسکوزیته افزایش یافت از لحاظ خصوصیات حسی و اوروان اینولین با غلظت 6/5 درصد و ایزومالت 6/5 درصد شبیه نمونه شاهد بودند. همچنین مقاومت به ذوب نمونه حاوی ایزومالت و اینولین از

تیمار شاهد بالاتر بود [10]. در مطالعه ای که گیری و همکاران (2014) از محصول لبنی به نام کیولفی استفاده کردند. جایگزین استوا در این محصول باعث افزایش رشد کریستال‌های یخ در بستنی شد که دلیل آن کاهش ساکارز به عنوان ماده خشک می‌باشد که در اثر این کاهش رطوبت افزایش یافته و اندازه کریستال‌های یخ بزرگتر می‌گردد که این عامل سرعت ذوب شدن در نمونه استویا کاهش می‌دهد. سفتی و بافت نمونه‌های تیمار شده با استویا افزایش یافت [11]. با توجه به اینکه تا کنون پژوهشی کاربردی و اصیل در مورد اضافه کردن شربت افرا به محصولات غذایی انجام نشده است و تنها در تولید محصولات سنتی و خانگی مانند مربا و ژله به کار رفته است، لذا هدف از انجام این پژوهش تولید بستنی فاقد عوارض نامطلوب برای سلامتی و قابل استفاده برای تمام گروهای سنی و البته با ارزش تغذیه‌ای بالاتر و کیفیت قابل قبول بوده است. در پژوهش حاضر با جایگزینی شکر با شربت افرا در سطوح 0، 25، 50 و 75 درصد و بررسی تأثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی، میکروبی و حسی بستنی، مورد ارزیابی قرار گرفت.

2- مواد و روش‌ها

2-1-مواد

شربت افرا (Canadian ،کانادا)، شیراستریلیزه 3 درصد چربی (شرکت میهن، ایران)، خامه استریلیزه 30 درصد چربی (شرکت میهن، ایران)، شیرخشک بدون چربی (شرکت مانی ماس، ایران)، ثعلب (مارک سان رز، ژاپن، CMC-Na (از فروشگاه‌های قنادی تهیه شد))، تهیه گردید. شکر (شرکت لاله، ایران)، وانیل (شرکت به تام پودر، ایران) و ظروف پلاستیکی (پلی استایرن) 300 گرمی دربدار از مراکز فروش لوازم قنادی در شیراز خریداری شد.

2-2- روش‌ها

2-2-1- محاسبه فرمولاسیون بستنی

درصدهای چربی، مواد جامد بدون چربی، شیرین کننده، طعم-دهنده و پایدارکننده در محصول نهایی به ترتیب در سطوح 12، 10، 17، 0/2، 0/3 درصد تنظیم گردید.

Table 1 Formulation of Prepared Treatments

Treatments Compounds	%0	%25	%50	%75
Sugar	%17	%12.75	%8.50	%4.25
vanilla	%0.2	%0.2	%0.2	%0.2
Talab	%0.3	%0.3	%0.3	%0.3
milk powder	%4.106	%4.106	%4.106	%4.106
Cream	%35.737	%35.737	%35.737	%35.737
milk	%42.657	%42.657	%42.657	%42.657
Maple syrup	%0	%4.25	%8.50	%12.75

2-2-2- تهیه بستنی

شیر، خامه و شربت توزین شده با همزن (AKI ،Eurostar، آلمان) به خوبی یکنواخت گردیدند. مخلوط حاصل تا رسیدن به دمای 40°C حرارت داده شد. سپس سایر مواد (مخلوط شیرخشک، شکر و ثعلب) به آهستگی به مخلوط افزوده شدند. این مخلوط توسط همزن به مدت 15 دقیقه با سرعت 500 دور در دقیقه کاملا مخلوط و بعد به مدت 25 دقیقه در دمای 75°C پاستوریزه و بلافاصله به کمک مخلوط آب و یخ تا رسیدن به دمای 4°C سرد گردید. جهت انجام فرآیند رسیدن مخلوط بستنی به مدت 24 ساعت در یخچال در دمای 4°C قرار گرفت. بعد از تکمیل دوره رسیدن وقبل از انجماد،وانیل نیز اضافه گردید و سپس مخلوط بستنی در دستگاه بستنی ساز خانگی (Geepas، چین) به مدت 20 دقیقه منجمد شد. سپس بستنی‌های تولید شده در ظروف پلاستیکی (پلی استایرن) 300 گرمی دربدار بسته بندی وکدگذاری شده وجهت انجام آزمون‌ها به فریزر°C 18- انتقال یافتند [12].

2-2-3- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

pH با استفاده از pH متر (JENWAY، انگلستان) پس از مرحله رسیدن توسط دستگاه (که با محلول تامپون مناسب کالیبره شده بود) اندازه‌گیری شد[12]. در پایان مرحله انجماد بستنی در دستگاه بستنی‌ساز، دمای خروج نمونه بستنی با قرار دادن دماسنج الکلی (Zeal، انگلستان) در داخل مخزن دستگاه اندازه‌گیری گردید [13]. به منظور اندازه‌گیری ثقل مخصوص، ابتدا پیکنومتر خالی و تمیز و بعد پیکنومتر پر شده با آب مقطر25°C و در انتها پیکنومتر پر شده با مخلوط بستنی25°C

توزین شد [14]. برای اندازه‌گیری ماده خشک ابتدا درجه حرارت نمونه‌ها (بعد از مرحله رساندن) به 20 ± 2 °C رسانده شد و نمونه‌ها کاملا همگن شدند، سپس طبق روش AOAC (2005) اندازه‌گیری شدند [15]. اسیدیته طبق روش آکالین و همکاران (2008) بر حسب اسید لاکتیک اندازه‌گیری شد [16]. مقدار درصد افزایش حجم بستنی به روش وزنی (طبق روش الوارز و همکاران (2005) تعیین شد [17]. سرعت ذوب با توزین 250 گرم بستنی منجمد و قرار دادن آن بر روی الکی با مش 0/14 میلی‌متر که بر روی یک ظرف با وزن مشخص قرار داشت انجام شد . ظرف به مدّت یک ساعت در آون با درجه حرارت 24 °C قرار داده شد. هر 5 دقیقه یک بار به مدت 90 دقیقه وزن ظرف و بستنی ذوب شده داخل آن یادداشت و سرعت ذوب (طبق روش الوارز و همکاران (2005) تعیین گردید [17].

2-2-8-3- آزمون ویسکوزیته مخلوط

ویسکوزیته مخلوط بستنی به وسیله ویسکومترآنتون پار (SVM 3000، اتریش) مجهز به سیرکولاتور حرارتی مورد آزمون قرار گرفت. مخلوط در دمای 10°C مورد ارزیابی قرار گرفت. ذکر آن ضروری است که ویسکومتر مذکور مجهز به نرم‌افزار کامپیوتری بوده و شرایط کاری ویسکومتر به صورت دائم تحت کنترل بود. این ویسکومتر ویسکوزیته دینامیک، ویسکوزیته سینماتیک و چگالی را محاسبه کرد. ویسکوزیته دینامیک از سنجش نیروی لازم برای چرخش استوانه داخلی تعیین می‌گردد. چگالی به وسیله فرکانس نوسان کننده U شکل تعیین شد. ویسکوزیته سینماتیک از تقسیم ویسکوزیته دینامیک به چگالی محاسبه می گردد[9].

2-2-4- اندازه گیری پارامترهای بافتی بستنی

بافت بستنی بعد از 3 روز نگهداری در -18°C به وسیله دستگاه بافت‌سنج (TC3، آمریکا) بررسی بافت مورد آزمایش قرار گرفت. این دستگاه مجهز به یک پروب استوانه ای استیل با قطر 6 میلی‌متر و ارتفاع 35 میلی‌متر بود. پروب دستگاه 2 بار با سرعت 2 میلی‌متر در ثانیه و تا 50 درصد ارتفاع پروب به نمونه مورد آزمایش وارد شد. میزان لودسل دستگاه 4500 گرم بوده است. نتایج توسط نرم‌افزار دستگاه ثبت شد. داده‌های مورد استفاده از بررسی بافت بستنی در این تحقیق شامل موارد سفتی، چسبندگی، انسجام، حالت ارتجاعی، حالت صمغی، حالت آدامسی بود [18].

2-2-5- آزمون‌های میکروبی

آزمون‌های میکروبی شامل شمارش باکتری‌های سالمونلا (استاندارد ملی ایران، شماره 4413)، استافیلوکوکوس اورئوس (استاندارد ملی ایران، شماره 3-6806)، اشرشیا کلی (استاندارد ملی ایران، شماره 5234)، آنتروباکتریاسه (استاندارد ملی ایران، شماره 2-2461) انجام گرفت [15].

2-2-6- ارزیابی حسی نمونه‌های بستنی

برای ارزیابی حسی نمونه‌های بستنی از 10 ارزیاب زن و مرد با سنین مختلف که برای انجام آزمون‌های چشایی، آموزش دیده بودند، کمک گرفته شد. در این آزمون شدت سردی، درجه صافی، عطر و طعم، رنگ و پذیرش کلی در پنج سطح (عالی، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف) ارزیابی شدند. آزمون حسی در دمای -13 ± 2 °C انجام شد. در این آزمون از روش هدونیک 5 نقطه‌ای استفاده شد که به نمونه عالی نمره 5، خوب 4، متوسط 3، ضعیف 2، بسیار ضعیف 1، تعلّق گرفت [19].

2-2-7- آنالیز آماری

تمام آزمایش‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی و در 3 تکرار صورت گرفت. تجزیه وتحلیل آماری نتایج شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح آماری 5% توسط نرم افزار ورژن SPSS16 انجام پذیرفت.

3- نتایج و بحث

3-1- نتایج حاصل از بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی

نتایج خصوصیات فیزیکوشیمیایی شامل ماده خشک، اسیدیته، افزایش حجم، وزن مخصوص، pH، دمای خروج از بستنی ساز و سرعت ذوب در جدول 2 نشان داده شده است.

Table 2 Results of physicochemical properties of ice cream samples containing maple syrup as a sugar substitute

	Treatments			
	%0	%25	%50	%75
Dry matter (%)	44.45±0.030[a]	42.66±0.326[a]	42.31±0.010[a]	38.47±0.050[b]
Acidity(%)	0.722±0.500[a]	0.721±0.500[a]	0.720±0.500[a]	0.718±0.500[a]
Overrun(%)	32.10±0.063[a]	31.56±0.131[b]	31.38±0.060[c]	28.63±0.040[d]
Special Weight	1.100±0.01[a]	1.075±0.020[ab]	1.056±0.024[b]	1.054±0.004[b]
pH	6.3±0.100[a]	6.3±0.100[a]	6.3±0.100[a]	6.3±0.100[a]
Output temperature(°C)	-0.66±0.577[a]	-1.33±0.577[a]	-1.66±0.577[a]	-1.67±0.577[a]
Melting speed(g/min)	0.95±0.010[a]	0.06±0.001[b]	0.016±0.024[b]	0.015±0.001[c]

The numbers in the table reported in the form of means (three repetitions). The same letters indicate no significant difference ($p < 0.05$).

تنها عامل ایجاد ماده خشک بستنی، شیر و شکر است [17]. بیشترین مقدار ماده خشک (44/45±0/030%) در تیمار شاهد و کمترین مقدار (38/47±0/050%) در سطح جایگزینی 75 % مشاهده شد. مقدار ماده خشک در سطح جایگزینی 75%، به طور معنی‌داری کمتر از 3 تیمار دیگر می‌باشد. اما بین سطوح جایگزینی 0، 25 و 50 درصد، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (p<0/05). این تفاوت آشکار در میزان ماده خشک در نمونه‌ها را می‌توان دلیل ترکیب قندی موجود در شربت افرا به دلیل وجود ساکارز و فروکتوز توجیه نمود به همین دلیل با کاهش مقدار شکر، ماده خشک تیمارها کاهش یافته است[17]. گلستانی و همکاران (2016) در پژوهشی از ارزیابی اثر اینولین بر ویژگی‌های شیمیایی بستنی، گزارش کردند که با افزایش اینولین در فرمولاسیون بستنی محصول، میزان ماده خشک کل افزایش پیدا کرد [20]. پژوهش حاضر با پژوهش گلستانی مطابقت ندارد. در مورد بستنی‌های شیری، اسیدیته کل بر حسب اسید لاکتیک بیان می‌شود [21]. با افزایش سطح جایگزینی از مقدار اسیدیته کاسته شد، به طوری که بیشترین مقدار اسیدیته (0/722±0/500 % اسید لاکتیک) در تیمار شاهد و کمترین مقدار (0/718±0/500 % اسید لاکتیک) در سطح جایگزینی 75 % مشاهده شد. بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در مقدار اسیدیته وجود ندارد. مقدار pH در تمامی سطوح جایگزینی یکسان و برابر (6/3) می‌باشد. بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در مقدار pH وجود ندارد. این نتایج را می توان با اسیدیته مطابقت داد و دلیل پایین بودن pH شربت افرا دانست. مردانی و همکاران (2014) ویژگی‌های حسی و شیمیایی کنسانتره و قند مایع خرما را با محلول شکر مورد مقایسه قرار داده، بیان کردند شیره خرما pH کمتر و اسیدیته بیشتری نسبت به قند مایع خرما و شکر دارد [22]. فرحناکی و همکاران (2016) در تحقیقی مشابه اظهار کردند که pH و اسیدیته بیشتری نسبت به قند مایع خرما به ترتیب کمتر و بیشتر از محلول ساکارز با بریکس مشابه بود [23]. پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین مطابقت ندارد. هوادهی در فرآوری بستنی بسیار حائز اهمیت است، چرا که بر ویژگی های فیزیکی، حسی و پایداری بافت در طی نگهداری تاثیر دارد. هوادهی به عواملی نظیر ترکیب مخلوط بستنی، فرآیند و رسیدن مخلوط، نوع چربی به کار رفته و همچنین عوامل موثر در انجماد بستگی دارد [24]. بیشترین مقدار افزایش حجم (32/10±0/063%) در سطح جایگزینی 0% (تیمار شاهد) و کمترین مقدار (28 /63±0/040 %) در سطح جایگزینی 75 % مشاهده شد. درصد افزایش حجم در سطح جایگزینی 75%، به طور معنی‌داری کمتر از 3 تیمار دیگر می‌باشد. با توجه به رابطه مستقیمی که بین ویسکوزیته و میزان افزایش حجم وجود دارد. هرچه ویسکوزیته نمونه کاهش یابد، میزان افزایش حجم کاهش می‌یابد [24]. نمونه‌های حاوی شربت افرا میزان افزایش حجم کاهش یافته اما میزان ویسکوزیته به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. گوهری و همکاران (2004)، با بررسی تأثیر جایگزینی شکر با شیره خرما بر ویژگی های فیزیکی و حسی بستنی نرم اعلام کردند با افزایش ویسکوزیته میزان اوران کاهش می‌یابد [25]. ازدمیر و همکاران (2008) اظهار کردند با افزایش سطح جایگزینی شربت‌های گلوکز، فروکتوز و مخلوط آنها ویسکوزیته و افزایش حجم کاهش می یابد. آن‌ها دلیل این امر را به افت نقطه انجماد بستنی با افزایش مقدار قندهای فروکتوز وگلوکز نسبت دادند [26]. نتایج پژوهش حاضر با تحقیق گوهری و همکاران مطابقت دارد.

بیشترین مقدار وزن مخصوص (1/100±0/001) در سطح جایگزینی 0% (تیمار شاهد) و کمترین مقدار (1/054±0/004) در سطح جایگزینی 75% مشاهده شد. بین سطوح جایگزینی 50% و 75 % به طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود ولی بین سطح جایگزینی 25 % با شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. ثقل ویژه مایعات در فرایندهایی مثل سانتریفیوژکردن، هموژنیزاسیون، تعیین خصوصیّات جریان و محاسبه توان پمپ کارخانه‌های تولید بستنی اهمّیت دارد [27]. در تحقیق رفتنی امیری و احمدی (2015) با بررسی امکان جایگزینی کربوکسی متیل سلولز با صمغ کتیرا بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی بستنی روند افزایش وزن مخصوص با کاهش ویسکوزیته مشاهده شد [28]. پژوهش حاضر با نتایج حاصل از کار رفتنی امیری و احمدی مطابقت دارد. زیرا سطح جایگزینی 75 % که بیشترین ویسکوزیته را از بین تیمارها داشته است دارای کمترین میزان وزن مخصوص می‌باشد. نقطه انجماد مخلوط بستنی تابع مولکول‌های موجود در محلول است و با تغییر ترکیب بستنی تغییر می‌کند. عمده‌ترین ترکیب مؤثر بر نقطه انجماد قندها می-باشند و در بین قند ها هر چه وزن مولکولی کمتر باشند توانایی آن در کاهش نقطه انجماد بیشتر است، بدین‌ترتیب مونوساکاریدهای گلوکز و فروکتوز دو برابر بیش از ساکارز هم وزن، نقطه انجماد را کاهش می‌دهند [14]. با افزایش سطح جایگزینی از مقدار دمای خروج از بستنی ساز کاسته شد، به طوری که بالاترین دمای خروج از بستنی‌ساز (-0/66±0/577°C) در تیمار شاهد و کمترین دما (-1/67±0/577°C) در سطح جایگزینی 75 درصد مشاهده شد. بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در مقدار دمای خروج از بستنی ساز وجود ندارد. این افت نقطه انجماد نیز به دلیل تفاوت نوع قند های موجود در عسل (که عمدتا گلوکز و فروکتوز می‌باشند) نسبت به ساکارز است. با توجه به نتایج نامبرده می‌توان این چنین عنوان کرد که علّت کاهش دمای خروج بستنی نوع قندهای (ساکارز، گلوکز، فروکتوز) موجود در شربت افرا می‌باشد [14]. لیندمود و همکاران(1989) با بررسی تاثیر ساکارز و لاکتوز در وزن مخصوص بستنی به این نتیجه رسیدند که قندهایی با وزن ملکولی پایین مانند گلوگز، فروکتوز تاثیری بر وزن ندارد [29]. پژوهش حاضر با پژوهش پیشین مطابقت ندارد. ذوب‌شدن یک پارامتر فیزیکی است که به عواملی مانند هدایت گرمایی، ظرفیت گرمایی ، ساختار و فرمولاسیون بستگی دارد و به کمک آن می‌توان تاثیر تغییر فرمولاسیون، فرآیند، خصوصیات ذوب شدن، افزایش حجم را بر ویژگی‌های بستنی بررسی کرد [30]. بیشترین مقدار سرعت ذوب (0/95±0/010g/min) در سطح جایگزینی 0 % (تیمار شاهد) و کمترین مقدار (0/015±0/001g/min) در سطح جایگزینی 75 % مشاهده شد. بین سطوح جایگزینی 50% و 75% ، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اما مقدار سرعت ذوب در سطوح جایگزینی 50 و 75 درصد، به طور معنی‌داری کمتر از سطوح جایگزینی 0 و 25 درصد می‌باشد. مقاومت به ذوب بستنی به ترتیب به اجزاء موجود در فرمولاسیون بستنی بستگی دارد. در بین اجزاء تشکیل دهنده بستنی، نوع قند به کار رفته تاثیر زیادی بر مقاومت ذوب بستنی دارد. قندها با وزن مولکولی پایین‌تر باعث کاهش مقاومت ذوب بستنی می‌شوند [30]. مطالعات انجام شده مشخص کرده است که بستنی‌هایی با افزایش حجم بالاتر دیرتر ذوب می‌شوند و دلیل آن را وجود مقدار بیشتر هوا در این نمونه‌ها عنوان کردند. زیرا هوا عایق خوبی است که سرعت انتقال حرارت را در بستنی‌های با افزایش حجم بالاتر کاهش می‌دهد [31]. شربت افرا به دلیل داشتن ترکیبات جاذب الرطوبه، ویسکوز و مواد قندی مختلف، دارای قدرت جذب آب بالایی است و این امر سبب می‌شود هرچقدر نسبت آن در فرمولاسیون بستنی بیشتر گردد شدّت جذب آب محصول نیز افزایش یافته و خاصیت ژله‌ای بیشتری ایجاد کند. در نتیجه با افزایش مقدار آن، افت نقطه انجماد را به تفاوت نوع قندهای موجود در شربت افرا (ساکارز، فروکتوز، گلوگز) نسبت داد [32]. آکین و همکاران (2007)، اعلام کردند فرایند ذوب بستنی در ارتباط با آزادی حرکت مولکول‌هاست [9]. فرجی و همکاران (2015)، در پژوهشی که بر بستنی داشتند گزارش کردند که با افزایش درصد جایگزینی شکر با شیره انگور میزان ذوب شدن نمونه‌ها کاهش یافت. آنها علّت این امر را ناشی از وجود ترکیبات پلی ساکاریدی با قدرت جذب آب بالا دانستند [33]. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پیشین مطابقت دارد.

3-2- بررسی نتایج ویسکوزیته

بررسی نتایج ویسکوزیته شامل ویسکوزیته دینامیک، ویسکوزیته سینماتیک و چگالی در جدول 3 نشان داده شده است.

Table 3 Results of viscosity of ice cream samples containing maple syrup as a sugar substitute

Treatments	Dynamic viscosity (mpa.s)	Kinematic viscosity (mm^2/s)	Density (g/cm^3)
0%	115.60±0.000[d]	945.42± 0.05[d]	1.18±0.01[a]
25%	1411.53±0.527[c]	1227.12±0.05[c]	1.15±0.01[a]
50%	1624.30±0.000[b]	1260.46±0.05[b]	1.13±0.01[a]
75%	1821.02±0.000[a]	1670.66±0.05[a]	1.09±0.01[a]

The numbers in the table reported in the form of means (three repetitions). The same letters indicate no significant difference ($p < 0.05$)

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی بستنی، ویسکوزیته است که به مفهوم مقاومت یک سیال در برابر جاری شدن است و در ایجاد ساختار و بافت مناسب این فراورده دخالت دارد. نتایج تجزیه ویسکوزیته در جدول 3 نشان داد که بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری در مقدار ویسکوزیته دینامیک و سینماتیک وجود دارد. بیشترین مقدار ویسکوزیته دینامیک (1821/02±0/000mpa.s) در سطح جایگزینی 75% و کمترین مقدار (1115/60±0/000mpa.s) در سطح جایگزینی 0% (تیمار شاهد) مشاهده شد. بیشترین مقدار ویسکوزیته سینماتیک (1670/66±0/05 mm^2/s) در سطح جایگزینی 75% و کمترین مقدار(945/42±0/05 mm^2/s) در سطح جایگزینی 0 درصد (تیمار شاهد) مشاهده شد. با افزایش سطوح جایگزین شربت افرا، ویسکوزیته بستنی افزایش یافت. با بررسی روند تغییرات، مشاهده شد که ویسکوزیته در سطح جایگزینی 75% به بالاترین میزان خود رسید. ویسکوزیته مخلوط بستنی تحت اثر نوع و مقدار اجزاء ترکیب در بستنی، نوع فرآیند، مقدار جابه‌جایی ترکیب و غلظت می‌باشد [34]. آگاهی از مقادیر ویسکوزیته علاوه بر کمک به تعیین مناسب ترین فرمولاسیون بستنی، عامل مهمی در سرعت خامه ای شدن، سرعت انتقال جرم و حرارت و شرایط جریان شیر و فراورده‌های لبنی است هرچه مقدار ویسکوزیته بیشتر باشد، انرژی بیشتری برای ایجاد انجماد و هوادهی فرآورده لازم است [35]. نتایج حاصل به نظر می‌رسد که تغییر نوع قند بر تغییر ویسکوزیته بستنی مؤثر بوده است. به طور کلی اکثر قندها به دلیل ویژگی آب دوستی شدید و حلالیت آنها، محلول‌های بسیار غلیظ و اسمولال تولید می‌کنند. قندها توسط گروه هیدروکسیل با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌نمایند، از طرفی تمایل شیرین کننده‌ها به جذب آب باعث افزایش ویسکوزیته می‌شود. شدّت تمایل شیرین کننده‌ها به جذب آب تابع اندازه و وزن مولکولی آنها می‌باشد. هر چه وزن مولکولی ساکاریدها کمتر باشد، تمایل به جذب آب افزایش یافته و ویسکوزیته بیشتر خواهد بود [36]. گوهری اردبیلی و همکاران (2004) در پژوهشی تحت عنوان جایگزین شیره خرما در بستنی، گزارش کردند، با افزایش نسبت جایگزینی از 25 درصد به 100 درصد مقدار ویسکوزیته بستنی افزایش یافت [25]. ولی همایونی راد (2014) در پژوهشی جایگزین شیره خرما با شکر گزارش کردند که ویسکوزیته و بریکس نهایی مربای حاوی شیره خرما نسبت به نمونه شاهد کاهش داشته است [37]. پژوهش حاضر با پژوهش گوهری مطابقت دارد ولی با پژوهش همایونی مطابقت ندارد. بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در مقدار چگالی وجود ندارد. بیشترین مقدار چگالی (1/18±0/01 g/cm^3) در سطح جایگزینی 0 % (تیمار شاهد) و کمترین مقدار (1/09±1/01 g/cm^3) در سطح جایگزینی 75 % مشاهده شد. طبق نتایج چگالی در جدول 1 مشاهده شد که با جایگزین شربت افرا در تولید بستنی میزان چگالی کاهش یافته است. چگالی محلول شربت رابطه مستقیمی با نوع ماده حل شده و میزان آن دارد [38]. هاشمی (2015) در پژوهشی جایگزین قند گیاه استویا در شربت رژیمی، گزارش کرده‌اند که میزان چگالی کاهش پیدا کرد [39]. نتایج پژوهش حاضر با هاشمی مطابقت دارد. میر چولی برازق و مظاهری تهرانی(2009) گزارش کردند با کاهش حجم بستنی، دانسیته افزایش می‌یابد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات میر چولی برازق هم-خوانی ندارد [40].

3-3- بررسی خصوصیات بافتی

بررسی خصوصیات بافتی شامل سفتی، چسبندگی، انسجام، حالت ارتجاعی، حالت صمغی و حالت آدامسی در جدول 4 نشان داده شده است. بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری در خصوصیات بافتی وجود دارد. اما بین سطوح جایگزینی 0 ، 25 و 50 درصد اختلاف معنی‌داری در خصوصیت پیوستگی مشاهده نشد.

Table 4 Results of textural properties of ice cream samples containing maple syrup as a sugar substitute

Treatments	%0	%25	%50	%75
Hardness(gr)	739.50±0.500^{d}	3336.50±0.500^{c}	3835.00±0.500^{b}	4321.00±0.500^{a}
Adhesivness(mj)	9.37±0.070^{b}	8.51±0.010^{c}	0.52±0.020^{d}	66.94±0.040^{a}
Cohesivness	0.12±0.030^{b}	0.16±0.030^{b}	0.11±0.030^{b}	0.76±0.030^{a}
Springiness(mm)	8.86±0.010^{d}	15.08±0.070^{b}	14.25±0.030^{c}	16.98±0.020^{a}
Gumminess(gr)	91.80±0.05^{d}	542.70±0.070^{b}	408.70±0.050^{c}	3278.70±0.050^{a}
Chewiness(mj)	7.97±0.050^{d}	80.26±0.020^{b}	57.12±0.040^{c}	545.96±0.010^{a}

The numbers in the table reported in the form of means (three repetitions). The same letters indicate no significant difference ($p < 0.05$)

بافت بستنی یکی از پارامترهای مهمی است که باعث جلب توجه مصرف کنندگان می‌شود و بر روی خواص رفتاری کیفی محصول نیز نقش عمده ای دارد. شاخصی است که نشان‌دهنده مقاومت بافت بستنی نسبت به تغییرات دمایی می‌باشد. عوامل بسیاری از جمله مواد تشکیل دهنده بستنی تاثیر به سزایی در حفظ شکل بستنی دارند [17]. سفتی بستنی عبارت از میزان مقاومت بستنی به تغییر شکل، زمانی که یک نیروی خارجی استاندارد بر آن اعمال شود، است [41]. بیشترین مقدار سفتی (4321/00±0/500gr) در سطح جایگزینی 75 % و کمترین مقدار (739/50±0/500gr) در سطح جایگزینی 0 % (تیمار شاهد) مشاهده شد. چسبندگی به مقدار کار مورد نیاز برای غلبه بر نیروهای بین سطح ماده غذایی و سطح ماده‌ای که با آن در تماس است برمی‌گردد. این پارامتر به اثر ترکیبی نیروهای چسبندگی و پیوستگی و عوامل دیگری مثل ویسکوزیته و ویسکوالاستیسیته بستگی دارد [42]. بیشترین مقدار چسبندگی (66/94±0/040 mj) در سطح جایگزینی 75% و کمترین مقدار (0/52±0/020mj) در سطح جایگزینی 50% مشاهده شد. با افزایش سطح جایگزینی شکر از 0 درصد به 50 درصد، روند نزولی در مقدار چسبندگی مشاهده شد. ولی بلافاصله با افزایش سطح جایگزینی به 75 درصد مقدار چسبندگی به طور معنی‌داری افزایش یافت با توجه به نتایج به دست آمده، شربت افرا از چسبندگی (به سطوح) بیشتری نسبت به شکر برخوردار است. انسجام استحکام باندهای داخلی است که بدنه محصول را تشکیل می دهد و هر چه این مقدار بیشتر باشد انسجام محصول بیشتر است. با توجه به اینکه انسجام نسبت کار انجام شده برای فشردن غذا در دو سیکل متوالی توسط دستگاه است، بنابراین واحد ندارد [42]. بیشترین مقدار پیوستگی (0/76±0/030) در سطح جایگزینی 75 % و کمترین مقدار (0/11±0/030) در سطح جایگزینی 50 % مشاهده شد. مقدار پیوستگی در سطح جایگزینی 75 % به طور معنی‌داری بیشتر از 3 تیمار دیگر می‌باشد. حالت ارتجاعی از دیدگاه مکانیکی مقدار تغییر شکلی است که یک نمونه تغییر شکل یافته بعد از برداشتن نیرو به حالت اولیه اش بر می‌گردد [42]. بیشترین مقدار حالت ارتجاعی (16/98±0/020mm) در سطح جایگزینی 75 % و کمترین مقدار (8/86±0/010mm) در سطح جایگزینی 0% (تیمار شاهد) مشاهده شد. حالت صمغی عبارت است از انرژی لازم برای خرد کردن یک ماده غذایی نیمه جامد تا هنگامی که آماده بلع شود. حالت آدامسی، تعداد جویدن‌های لازم برای بلعیدن مقدار مشخصی از ماده غذایی است [42]. بیشترین مقدار حالت صمغی (3278/70±0/050gr) در سطح جایگزینی 75% و کمترین مقدار (91/80±0/050gr) در سطح جایگزینی 0 % (تیمار شاهد) مشاهده شد. حالت آدامسی، تعداد جویدن‌های لازم برای بلعیدن مقدار مشخصی از ماده غذایی است [42]. بیشترین مقدار حالت آدامسی (545/96±0/010mj) در سطح جایگزینی 75 % و کمترین مقدار (7/97±0/040mj) در سطح جایگزینی 0 % (تیمار شاهد) مشاهده شد. کاهش پیوستگی بافتی، با توجه به نتایج حاصل می‌توان چنین بیان کرد که با توجه به شباهت قند شربت افرا به محلول‌های شکر باعث کاهش پیوستگی بافتی نمونه‌ها گردید [22]. این امر به بالا بودن مقدار قندهای فروکتوز و در ترکیب شربت افرا نسبت داده می‌شود. نتایج حاصل با نتایج گوهری اردبیلی (2004) در مورد حفظ شکل و بافت بستنی مطابقت دارد [25]. همچنین گروشنر (1998) کاهش استحکام بافت بستنی حاوی عسل به عنوان جایگزین شکر را به پایین بودن دمای کریستالیزاسیون قندهای فروکتوز و گلوکز در مقایسه با ساکارز نسبت داد [32].

3-4- بررسی نتایج آزمون میکروبی

نتایج آزمون‌های میکروبی در جدول 5 نشان داده شده است.

Table 5 Results of microbial properties of ice cream samples containing maple syrup as a sugar substitute

Treatments	%0	%25	%50	%75
Escheriah Coli (cfu/ml)	negative	negative	negative	negative
Salmonella (cfu/ml)	negative	negative	negative	negative
Staphylococcus aureus coagulase positive (cfu/ml)	negative	negative	negative	negative
(cfu/ml) Enterobacteriaceae	negative	negative	negative	negative
Total Count (cfu/ml)	$(\times 10^4 1.88)^a$	$(10^4 \times 1.87)^a$	$(\times 10^4 1.855)^a$	$(10^4 \times 1.853)^a$

The numbers in the table reported in the form of means (three repetitions). The same letters indicate no significant difference ($p < 0.05$)

نتیجه جستجوی اشرشیا کلی، جستجوی سالمونلا، شمارش استافیلوکوکوس اورئوس کوآگولاز مثبت و نتیجه شمارش آنتروباکتریاسه در تمامی تیمارها منفی بوده است. در شمارش کلی باکتری‌ها بیشترین مقدار ($1/88 \times 10^3$cfu/ml) در تیمار شاهد و کمترین مقدار ($1/853 \times 10^3$cfu/ml) در سطح جایگزینی 75 % مشاهده شد. بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در شمارش کلی باکتری‌ها وجود ندارد. ریئیز و همکاران (2005)، گزارش کردند پلی‌فنول‌ها خواص ضد ویروسی، ضد میکروبی و توانایی آنتی‌اکسیدانی بالایی دارند [43]. تالب و همکاران (2016) با بررسی اثر ضد میکروبی شیره خرما بر انواع باکتریها دریافتند وجود مقادیر بالای ترکیبات ضدمیکروبی مانند فنل‌ها، تانن‌ها و فلاونوئیدها در شیره خرما رشد باکتری‌ها را کاهش می دهد [44]. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پیشین مطابقت دارد.

3-5- بررسی ارزیابی حسی

ارزیابی حسی محصولاتی که با استفاده از سطوح جایگزینی 0، 25، 50 و 75 درصد بدست آمده است از نظر رنگ، طعم، عطر، شدت سردی، درجه صافی و پذیرش کلی توسط 10 نفر داور در جدول 6 نشان داده شده است.

Table 6 Results of sensory properties of ice cream samples containing maple syrup as a sugar substitute

Treatments	%5	%25	%50	%75
Color	4.8 ± 0.100^a	4.5 ± 0.100^a	4.00 ± 0.100^b	3.6 ± 0.100^c
Taste	4.8 ± 0.100^d	4.0 ± 0.100^c	4.7 ± 0.100^a	4.6 ± 0.100^a
Perfume	4.5 ± 0.100^a	4.1 ± 0.100^b	3.9 ± 0.100^c	3.6 ± 0.100^b
The intensity of cold	4.3 ± 0.100^b	4.4 ± 0.100^b	4.4 ± 0.100^b	4.6 ± 0.100^a
Degree of smoothness	4.5 ± 0.100^a	4.5 ± 0.100^b	$4/4\pm0.100^c$	4.4 ± 0.100^c
General acceptance	3.9 ± 0.100^c	4.1 ± 0.100^b	4.3 ± 0.100^a	4.3 ± 0.100^a

The numbers in the table reported in the form of means (three repetitions). The same letters indicateno significant difference ($p < 0.05$)

رنگ بستنی یکی از عوامل مهم در جلب توجه مشتری و افزایش پذیرش کلی محصول می‌باشد. امروزه می‌توان از سایر افزودنی‌ها و رنگ‌های مجاز در محصول ایجاد کرد [45]. با توجه به نمرات ارزیابی حسی مشخص شد که بیشترین امتیاز رنگ (4/8±0/100) و عطر (4/5±0/100) را تیمار شاهد و کمترین امتیاز رنگ (3/6±0/100) و عطر (3 /6±0/100) را سطح جایگزینی 75 درصد کسب نموده‌اند. بین سطوح جایگزینی 0% و 25%، اختلاف معنی‌داری در امتیاز رنگ مشاهده نشد. که دلیل این امر نیز رنگ تیره شربت افرا است. به طوری که هر چه درصد جایگزینی آن افزایش یافت، شدت روشنی و سفیدی محصول نیز کاهش یافت. روشنی شیر در واقع به دلیل حضور ذرات کلوئیدی مثل گلبول‌های چربی و میسل‌های کازئین می‌باشد و روی پذیرش مصرف کننده اثر مثبتی دارد [46]. نتایج مشابهی توسط گوهری اردبیلی و همکاران در مورد تاثیر شیره خرما بر ویژگی‌های حسی وجود دارد که نشان می‌دهد با افزایش سطح جایگزینی شیره خرما

پذیرش محصول از نظر رنگ کاهش می‌یابد [25]. نتیجه پژوهش حاضر با پژوهش گوهری اردبیلی و همکاران مطابقت دارد. عطر و طعم مهمترین فاکتور در پذیرش دسرهای منجمد گزارش شده است [34]. بیشترین امتیاز طعم با تاثیر مثبت (4/6±0/100) در سطح جایگزینی 75 % و کمترین امتیاز (3 /8±0/100) در تیمار شاهد مشاهده شد. بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری در امتیاز طعم وجود دارد. بهترین نمونه از نظر طعم، بستنی حاوی سطح جایگزینی 75 درصد بود که بیشترین امتیاز طعم را به خود اختصاص داد و نمونه فاقد شربت افرا (شربت افرا) نیز کمترین امتیاز را در فاکتور طعم کسب نموده است. بیشترین امتیاز عطر (4/5±0/100) در سطح جایگزینی 0 % (تیمار شاهد) و کمترین امتیاز (3 /6±0/100) در سطح جایگزینی 75 % مشاهده شد. بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌داری در امتیاز عطر وجود دارد ($p<0/05$). به نظر می رسد علّت کاهش عطر در نمونه‌های حاوی شربت افرا، سفتی نسبتاً بالای آنها نسبت به تیمار شاهد می‌باشد، که مانع آزاد شدن عطر و بو از آن می‌شود. گوهری اردبیلی و همکاران (2004) بیان کردند با افزایش سطح جایگزینی شیره خرما، پذیرش محصول از نظر بو و مزه با توجه به غالب شدن بو و مزه خاص خرما کاهش یافت [25]. نتایج پژوهش حاضر با نتیجه عنوان شده مطابقت ندارد. بیشترین امتیاز شدّت سردی (4/6±0/100) در سطح جایگزینی 75 % و کمترین امتیاز (4/3±0/100) در تیمار شاهد مشاهده شد. بین سطوح جایگزینی 0%، 25% و 50 % اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اما امتیاز در سطوح جایگزینی 0%، 25% و 50% به طور معنی داری کمتر از سطح جایگزینی 75 % می‌باشد. رفتنی امیری و احمدی (2015) در پژوهشی با بررسی امکان جایگزینی کربوکسی متیل سلولز با صمغ کتیرا (در نسبت های 0، 25، 50، 75 و 100 درصد) بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی بستنی به این نتیجه دست یافتند شدت سردی نمونه شاهد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های حاوی مخلوط صمغ‌ها ندارد. اما نمونه حاوی 100 درصد کتیرا شدت سردی معنی‌دار کمتری در مقایسه با نمونه که حاوی مخلوط 75 % کتیرا و 25 % کربوکسی متیل سلولز می‌باشد، نشان داد [28]. نتایج پژوهش حاضر با نتیجه عنوان شده مطابقت ندارد. با افزایش سطوح جایگزینی شکر با شربت افرا، درجه صافی نمونه‌ها کاهش یافت. بیشترین امتیاز درجه صافی (4/5±0/100) در تیمار سطح جایگزینی 0 %و 50 % و کمترین امتیاز (4/4±0/100) در سطوح جایگزینی 50% و 75 % مشاهده شد. بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بهرام پرور و همکاران (2009) در پژوهشی با بررسی تاثیر جایگزینی صمغ-های کربوکسی متیل سلولز و ثعلب با صمغ دانه بالنگو شیرازی (در نسبت های 0، 25، 50، 75 و 100 درصد) بر خصوصیات بستنی سخت خامه‌ای به این نتیجه دست یافتند که جایگزینی کربوکسی متیل سلولز با بالنگو، تغییر معنی‌داری در درجه صافی تیمارها ایجاد نکرده است. اما در مورد جایگزینی ثعلب با بالنگو، در سطوح جایگزینی 50 و 75 درصد افزایش معنی-داری در صفت زبری مشاهده می‌شود. نتایج پژوهش حاضر با نتایج عنوان شده مطابقت ندارد [13]. عوامل بسیاری همچون رنگ، عطر، طعم، شدت سردی ، درجه صافی حتی بسته بندی محصول در پذیرش نهایی محصول نقش مهمی دارد. بیشترین امتیاز پذیرش کلی (4/3±0/100) در سطوح جایگزینی 50 و 75 درصد و کمترین امتیاز (3/9±0/100) در تیمار شاهد مشاهده شد. بین سطوح جایگزینی 50 و 75 درصد، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اما امتیاز در سطوح جایگزینی 0 و 25 درصد، به طور معنی‌داری کمتر از سطح جایگزینی 50 و 75 می‌باشد. پذیرش کلّی بیانگر احساس کلّی داوران نسبت به نمونه مورد بررسی است و ویژگی‌های نمونه مورد بررسی نظیر بافت، عطر و طعم در پذیرش کلّی مؤثرند. گوهری و اردبیلی (2004) بیان کردند که با افزایش سطح جایگزینی شیره خرما با توجه به ویژگی‌های آن، بو و مزه غالب خرما و رنگ تیره آن پذیرش کلی محصول کاهش می‌یابد. نتایج حاضر با نتایج پیشین مطابقت ندارد [25].

4- نتیجه گیری

بررسی نتایج آزمون‌ها نشان داد، که با جایگزین کردن شربت افرا به جای شکر می توان محصولی قابل رقابت با نمونه شاهد تولید کرد. به علت حضور دو تک قندی فروکتوز و گلوکز در شربت افرا ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی محصول تولیدی نسبت به نمونه شاهد متفاوت است. نمونه‌های حاوی شربت افرا در سطح جایگزینی 50-75% ، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و مطلوبی ایجاد کرده‌اند. از لحاظ پذیرش کلی از دیدگاه مصرف کننده نیز از مقبولیت بالایی برخوردار بوده است. در مقایسه با شکر میزان مصرف شربت

افرا (میزان قند 59/52 درصد) و کالری ناشی از آن در محصول تولیدی کمتراست، بنابراین محصولی با هزینه کمتری تولید می‌شود و امکان استفاده از آن برای افرادی که از بیماری‌های سخت نظیر دیابت رنج می‌برند، بدلیل اجتناب از عوارض نامطلوب ساکاروز ، نیز فراهم می‌شود.

5- منابع

[1] Mattila-Sandholm, T., Myllarinen, P., Crittenden, R., Mogensen, G., Fonden, R., Sarrela, M. (2002). Technological challenges for future probiotic foods, International Dairy Journal, 12(2- 3), 173- 182.

[2] Granger, C., Langendorff, V., Renouf, N., Barey, P., Cansell, M. (2004). Short Communication: Impact of Formulation on Ice Cream Microstructures: an Oscillation Thermo-Rheometry Study, Dairy Science, 87(4), 810-812.

[3] Mourtazavi, A., Ghouds Rohani, M., Joyandeh, H. (1995). Milk and dairy technology, Publications, Ferdowsi University of Mashhad, 185.

[4] Al-Farsi, M. (2003). Clarification of date juice, International Journal of Food Science and Technology, 38(3), 241- 245.

[5] Foulkes, P. H. (1977). Replacement of sugar in sugar-containing food and process. United State Patent, No. 4, 055, 676.

[6] Amani, M. M. Esmaeilnia, M. Hasani, Sh. Yazdani., Beheshti, H. (1996). The result of first quantitative, qualitative and silvicaltural investigation in young planting stand in the experimental design thinning, Pajouhesh Va Sazandegi, 31(2), 6- 21. (In Persian)

[7] Baldini, M., Danuso, F., Turi, M. (2004). Evaluation of new clones of Jerusalem artichoke for inulin and sugar yield from stalks and tubers, Industrial Crops and Products, 19(1), 25- 40.

[8] Hamad, A. M., Mustafa, A. I., Al-Kahtani, M. S. (1983). Possibility of utilizing date syrup as sweetening and flavoring agent in ice cream making, Proceedings of the First Symposium on the Date Palm, 544- 550.

[9] Akin, M. B., Akin, M. S., Kirmaci, Z. (2007). Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream, Food Chemistry, 104(1), 93- 99.

[10] Isik, U., Boyacioglu, D., Capanoglu, E., Erdil, D. (2011). Frozen yogurt with added inulin and isomalt, Dairy science, 94(4), 1647- 1656.

[11] Giri, A., Rao, H., Ramesh, V. (2014). Effect of partial replacement of sugar with stevia on the quality of kulfi, Food Science Technology, 51,1612- 1616.

[12] Kurt, A., Cengiz, A., Kahyaoglu, T. (2016). The effect of gum tragacanth on the rheological properties of salep based ice cream mix, Carbohydrate Polymers, 143 (Supplement C), 116- 123.

[13] Bahram Parvar, M., Haddad Theodor, M. H., Amini, A. M. (2009). The effect of replacing different amounts of carboxymethyl cellulose and thalassa gum with Balmong Shirazi gum on the properties of creamy ice cream, Iranian Journal of Food Science and Technology Research,4(1), 37- 47. (In Persian)

[14] Marshall, R. T., Arbuckle, W. S. (1996). Ice Cream: 5th ed. Chapman and hall, New York, 29- 40, 230- 231, 258- 270.

[15] AOAC. (2005). Official methods of analysis, ice cream and frozen dessert, 18th editions. Association of Official Analytical Chemists, Washington, 93- 96.

[16] Akalin, A. S., Karagozlu, C., Unal, G. (2008). Rheological properties of reduced fat and low-fat ice-cream containing whey protein isolate and inulin, European Food Research Technology, 227(3), 889- 895.

[17] Alvarez, V., Wolters, B. C., Vodovotz, L. Y., Ji, T. J. (2005). Physical Properties of Ice Cream Containing Milk Protein Concentrates, American Dairy Science Association, 88(3), 862- 871.

[18] Lu, T. j., Chung, C. W., Chang, Y. H. (2002). Sensory and physicochemical analyses on commercial taro ice products, Journal of food and Drug Analysis, 10(1), 55- 63.

[19] Karaman, S., Toker, €O. S., Yüksel, F., Çam, M., Kayacier, A., Dogan, M. (2014). Physicochemical, bioactive, and sensory properties of persimmon- based ice cream: Technique for order preference by similarity to ideal solution to determine optimum concentration, Journal of Dairy Science, 97(1), 97- 110.

[20] Golestani, M., Pourahmad, R., Mahdavi Adeli, H. R. (2016). The Effect of Inulin on the Viability of Probiotic Bacteria and the Physical, Chemical and Sensory

promotes fat destabilization in the absence of added emulsifier, International Dairy Journal,12(12), 1013- 1018.
[32] Groschner, P. (1998). Production of ice cream by using honey instead of sugar, Deutsche Lebensmittel- Rundschau, 94(7), 214- 217.
[33] Fragi kafsh Gray, S. A., Brave Fallah, M., Akbarian Meimand, M. A. (2015). The effect of sugar substitution with grape juice on the physicochemical and sensory properties of vanilla, Modern Food Science and Technology, 2(6), 93- 85.
[34] Abdullah, M., Rehman, S., Zubair, H., Saeed, H. M., Kousar, S., Shahid, M. (2003). Effect of skim milk in soymilk blend on the quality of ice cream, Pakistan Journal of Nutrition, 2(5), 305- 311.
[35] Gibson, G. R., Rastal, R. A. Fuller, R. (2004). The health benefits of probiotic and prebiotic. Gut Flora, Nutrition, Immunity and Health, Blackwell Publishing, Oxford, 52- 26.
[36] Telis, V. R. N., Telis-Romero, J., Mazzotti, H. B., Gabas, A. L. (2007). Viscosity of aqueous carbohydrate solutions at different temperatures and concentrations, International Journal of food properties, 10(1), 185- 195.
[37] Homayouni-Rad, A., Bazrafshan, M. (2014). Effect of sucrose substitution by date sugar on the physicochemical and sensory properties of sour cherry jam, Food Science and Technology, 43(11), 25- 31. (In Persian)
[38] Saniah, K., Sharifah. M. (2012). The application of Stevia as sugar substitute using response surface Methodology, Journal of Trop Agriculture and Food Science, 40(1), 23- 34.
[39] Hashemi, N., Rabiei, H., Tavakolipour, H., Gazrani, S. (2015). Effect of sugar substitution of Stevia rebaudiana with sucrose on physico-chemical, rheological and sensory properties of saffron diet syrup, Saffron Agronomy Technology 2(4), 303- 310.
[40] Mir Chuli Barazaq, A. S., Mazaheri Tehrani, M. (2011). Investigation the effect of substitution of total ice cream ingredients with almonds on its physical and sensory characteristics, Journal of Innovation in Food Science and Technology, 3(1), 19- 26. (In Persian)
[41] Lim, S. Y., Swanson, B. G., Ross, C. F., Clark, S. (2008). High hydrostatic pressure Characteristics of Fermented and Non-Fermented Synbiotic Ice Cream, Journal of Food Science and Nutrition, 13(51), 25- 32.
[21] Meshkat, A., Chegi, B. (2010). Science and Technology of Ice cream, Aiizh Edition, 170- 230.
[22] Mardani, M. (2014). Evaluation of Some Chemical and Sensory Properties of Date Syrup, Date Concentrate, Date Liquid Sugar in Comparison With Sugar Solutions, Journal of production and preservation of food, 6(1), 85- 101.
[23] Farahnaky, A., Mardani, M., Mesbahi, G., Majzoobi, M., Golmakani, M. T. (2016). Some Physicochemical Properties of Date Syrup, Concentrate, and Liquid Sugar in Comparison with Sucrose Solutions, Journal of Agricultural Science and Technology, 18(3), 657- 668.
[24] Sofjan, R.P., Hartel, R.W. (2004). Effect of Overrun on Structural and Physical characteristics of Ice Cream, International Dairy Journal, 14(3), 255- 262.
[25] Gohari Ardabili., A. (2004). Effect of date syrup as a substitute for sugar on thephysicochemical and sensory properties of soft ice cream, Journal of Food Science, 2(1), 23- 32.
[26] Ozdemir, C., Dagdemir, E., Ozdemir, S., Sagdic, O. (2008). The effects of using alternative sweeteners to sucrose on ice cream quality, Journal of food quality, 31(4), 415- 428.
[27] Goff, H. D. (2000). Controlling ice cream structure by examining fat-protein interactions, The Australian Journal of Dairy Technology, 55(2), 78- 81.
[28] Raftani Amiri, Z., Ahmadi, M. A. (2015). Investigation of the Possibility of Carboxymethyl Cellulose Replacement with Tragacanth Gum on the Physical and Sensory Properties of Ice Cream, Journal of Food Industry Research, 24(2), 290- 279.
[29] Lindamood, J. B., Grooms, D. J., Hansen, P. M. T. (1989). Effect of hydrolysis of lactose and sucrose on firmness of ice cream, Food Hydrocolloids, 3(5), 379- 388.
[30] Adapa, S., Dingeldein. H., Schmidt, K. A., Herald. T. J. (2000). Rheological Properties of Ice Cream Mixes and Frozen Ice Creams Containing Fat and Fat Replacers, Journal of Dairy Science, 83(10), 2224- 2229.
[31] Segall, K. I. Goff, H. D. (2002). A modified ice cream processing routine that

modification of whey protein concentrate for improved body and texture of low fat ice cream, Journal of dairy science, 91(4), 1308-1316.

[42] BahramParvar, M., Tehrani, M. M. Razavi, S. M. (2013). Effects of a novel stabilizer blend and presence of κ-carrageenan on some properties of vanilla ice cream during storage, Food Bioscience, 3, 10- 18.

[43] Reyes-Carmona, J., Yousef, G. G., Marteniz-Peniche, R. A., Lila, M. A. (2005). Antioxidant Capacity of Fruit Extracts of Blackberry (rubus sp.) Produced in different climatic regions, Journal of Food Science, 70(7), 497- 503.

[44] Taleb, H., Maddocks, S. E., Morris, R. K., Kanekanian, A. D. (2016). The antibacterial activity of date syrup polyphenols against S. aureus and E. coli, Frontiers in microbiology, 7, 43- 53.

[45] Nazari, B. (2015). Formulation and preparation of ice cream replacing sugar with sucralose and its organoleptic characteristics, Food Science and Technology, 49(12), 145-153. (In Persian)

[46] Garcia-Perez, F. J., Lario, Y., Fernandez-Lopez, J., Sayas, E., Perez-Alvarez, J. A., Sendra, E. (2005). Effect of orange fiber addition on yogurt color during fermentation & cold storage, Color Research and Application, 30 (6), 457- 463.

Effect of sugar substitution with maple syrup on physicochemical, rheological, microbial and sensory characteristics of ice cream

Yazdanpanah, S. [1*], Piri, M. [1]

1. Department of Food Science and Technology, Kazeroon branch, Islamic Azad University, Kazeroon, Iran.

(Received: 2020/02/10 Accepted:2020/05/10)

Maple syrup is a natural sweetener that it can replace sucrose. This compound contains polyphenols, antioxidants, repair compounds of nerve cell, calcium, iron and other compounds that it can promote nutritional health and the Possibility to produce low calorie products. The main role of sugars in enhancing the product's desirability is related to their sweetening role, improving the creamy properties and helping to highlight the fruity aroma. With all the benefits that sucrose has as a natural sweetener, it's high consumption is not recommended because of its undesirable side effects. The purpose of this study has been to investigate the possibility of sugar substitution with maple syrup and its effect on physicochemical, rheological, microbial and sensory characteristics of ice cream. In this study maple syrup was used and reviewed at 0, 25, 50 and 75% levels as sugar substitute for ice cream production. Then physicochemical, rheological, microbial and sensory tests were performed. The results of the tests were analyzed on the basis of completely randomized design at 5% probability level. With increasing replacement percentage, the viscosity and hardness of treatments increased significantly ($p < 0.05$). The amount of dry matter, volume increase, specific gravity, melting speed were reduced significantly. The results of sensory tests showed that replacement at 50% and 75% had a significant effect on overall acceptance compared to control, and replacement at 50% was selected as the most appropriate replacement level. According to there is in the country, possibility to operation from maple tree, therefore, from maple syrup alone or in combination with other sweeteners can be used in various food products and dairy desserts to sweeten, increase flavor, production of low-calorie and dietary products suitable for all ages.

Keywords: Ice cream, Maple syrup, Melting speed, Viscosity.

* Corresponding Author E-Mail Address : yazdanpanah2004@gmail.com