

بررسی امکان تولید بستنی فراسودمند حاوی پودر جلبک دونالیلا سالیئا

میترا سلیم پور اردی^۱، ژاله خوشخو^۲، مژگان امتیازجو^{۲*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
 ۲- دانشیار و عضو هیئت علمی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
 (تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۵/۲۰)

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی اثر افزودن جلبک دونالیلا سالیئا در غلظت های مختلف ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱ و ۱/۵ درصد به عنوان جایگزین ۶۷، ۱۶۷، ۳۳/۴، ۵۰، ۶۶۷ و ۱۰۰ درصد پایدار کننده در شیر بر ویژگی های رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و حسی نمونه های بستنی بود. همه نمونه ها رفتار شل شونده با برش نشان دادند. با افزایش سطح جایگزینی جلبک دونالیلا سالیئا به صورت معنی داری ویسکوزیته ظاهری نمونه ها افزایش و سرعت ذوب کاهش یافت. روند افزایشی ضریب افزایش حجم (اورران) و کاهش سفتی بافت با افزودن جلبک دونالیلا سالیئا مشاهده شد. ارزیابی حسی نمونه های بستنی حاوی جلبک دونالیلا سالیئا حاکی از معنی دار نبودن اثر افزودن جلبک بر عطر و طعم محصول بود. نمونه هایی که حاوی بیشترین درصد جلبک بودند، بیشترین امتیاز رنگ و شکل ظاهری و سفتی بافت را از ارزیابان حسی دریافت کردند. به طور کلی، نمونه های حاوی درصد بالای جلبک دونالیلا سالیئا بالاترین امتیاز را در پذیرش کلی نیز توسط ارزیابان کسب کردند. به عنوان نتیجه گیری کلی و با توجه به نتایج این پژوهش می توان عنوان کرد که افزودن جلبک دونالیلا سالیئا به بستنی، ضمن بهبود ویژگی های کیفی محصول، خصوصیات حسی آن را نیز بهبود بخشیده و قابلیت پذیرش محصول را افزایش داده است.

کلید واژگان: بستنی، ویژگی های رئولوژیکی، جلبک دونالیلا سالیئا، ویژگی های حسی، خواص فیزیکی.

* مسئول مکاتبات: moz_emtyazjoo@yahoo.com

۱- مقدمه

جمله محصولاتی که می توان در آن از خواص سودمند این جلبک استفاده نمود، بستنی است.

بستنی به عنوان شناخته شده ترین و مطلوب ترین دسرهای غذایی مطرح می باشد. این محصول در حال حاضر یکی از پر مصرف ترین دسرهای لبنی به شمار می رود و مصرف آن هر ساله در حال افزایش است. بستنی نوعی دسر یخی است که در ساخت این دسر لبنی از چربی شیر، ماده خشک بدون چربی شیر، شیرین کننده، پایدارکننده، امولسیفایر و طعم دهنده استفاده می شود. یک فرآورده غذایی مشهور که به دلیل دارا بودن سه فاز جامد (کریستال یخ و چربی)، مایع (محلول شکر) و گاز (حباب های هوا) می تواند به عنوان یکی از پیچیده ترین مواد غذایی مطرح باشد. ارزش تغذیه ای بستنی بستگی به مقدار پروتئین، چربی، مواد کربوهیدراتی، آنتی اکسیدان ها و ریزمغذی های به کار رفته در آن دارد. در سال های اخیر تلاش های بسیاری در جهت بهبود ارزش تغذیه ای این محصول صورت گرفته است. یکی از راه ها غنی سازی آن با جلبک های غذایی است. با توجه به نیاز جامعه به محصولات غذایی متنوع و مغذی، بستنی به عنوان محصولی پر طرفدار مورد بررسی و مطالعه قرار می گیرد و از آنجا که جامعه انتظار ایده های جدید دارد، در این پژوهش، جلبک دونالیلا با داشتن رنگ مطلوب و مواد مغذی ضروری بدن در تولید بستنی به کار گرفته می شود. همچنین به منظور ایجاد تعادل در فرمولاسیون و با در نظر گرفتن این که در برخی افراد مصرف مکمل های دارویی مشکل می باشد، مصرف دونالیلا در مواد غذایی شرایط را برای این افراد مهیا خواهد کرد. آنچه حائز اهمیت است به دست آوردن مجموعه ای از بهترین نتایج در مورد مقدار مصرفی جلبک دونالیلا در فرمولاسیون بستنی می باشد به طوری که با توجه به تولید محصولی ویژه از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد. در این پژوهش به بررسی ویژگی های مهم در بستنی غنی شده با سطوح مختلف جلبک دونالیلا از قبیل خصوصیات فیزیکی، رئولوژیکی، ظاهری و حسی می پردازیم.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تهیه مواد اولیه و آماده سازی فرمولاسیون

۲-۱-۱- تهیه مواد اولیه

ریزجلبک ها دارای مقدار زیادی پروتئین های قابل هضم، فیبر، ویتامین ها، بتاکاروتن، آهن، اسیدهای چرب امگا ۳ و ۶ می باشند [۱]. از این رو ریزجلبک های خوراکی امروزه از اهمیت زیادی برخوردار هستند که باعث تقویت سیستم ایمنی بدن، بهبود عملکرد دستگاه گوارش و شادابی پوست و مو می شوند. دونالیلا سالینا (*Dunaliella salina*) یک جلبک سبز تک یاخته ای، متحرک و فاقد دیواره سلولی است [۲ و ۳]. جنس دونالیلا متعلق به رده Chlorophyceae، راسته Volvocales و شاخه Chlorophyta می باشد. پیش تر، این جلبک را در خانواده Polyblepharidaceae و برخی به علت شباهت آن با جلبک *Chlamydomonas* آن را در خانواده *Chlamydomonadaceae* قرار داده اند [۴]. در صنایع مختلفی از دونالیلا سالینا به عنوان بتاکاروتن طبیعی استفاده می شود. دونالیلا سالینا مهم ترین منبع تجاری بتاکاروتن طبیعی در دنیا محسوب می شود [۱]. این جلبک، مقاوم ترین موجود یوکاریوت نسبت به شوری بوده و در بسیاری از محیط های حاوی نمک نظیر دریاچه های نمک، باتلاق های نمکی و گودال های آب شور نزدیک دریا یافت می شود [۵]. گونه های دونالیلا در اکوسیستم های آبی ایران نیز با توجه به خصوصیات فیزیوشیمیایی مختلف آنها به طور گسترده پراکنده شده اند [۶]. از ترکیبات مهم دیگر درون سلولی دونالیلا می توان به انواع گلیسرول، پروتئین و ویتامین ها اشاره کرد. بخش عمده این ترکیبات دارای خاصیت ضد اکسیدانی و ضد سرطانی هستند [۷]. از آنجایی که در سال های اخیر، تمرکز بیشتری روی مواد غذایی غنی از مواد مغذی و ویژگی های عملکردی خاص به وجود آمده است، هدف مصرف کننده ها دریافت مواد غذایی با آنتی اکسیدان های طبیعی، فیبرهای رژیمی، رنگ های طبیعی، مواد معدنی، ویتامین ها، کالری کم، کلسترول پایین، چربی کم و فاقد هرگونه افزودنی های سنتزی و غیره می باشد. در حالی که بستنی فاقد برخی از این مواد می باشد، بنابراین بکار بردن یک ماده خوراکی که منشا خوبی از مواد مغذی و ترکیبات عملکردی باشد می تواند برای تولید یک محصول غذایی عملگرا^۱ مفید باشد. بنابراین از

1. Functional Food

زده شد. جدول ۱، مقادیر ترکیبات مورد استفاده در فرمولاسیون آمیخته بستنی را نشان می‌دهد. تهیه آمیخته بستنی مطابق با روش کارامان و همکاران [۸] با انجام برخی اصلاحات انجام گرفت. ابتدا شیر تا ۵۰ درجه گرم شد و شیر خشک برای افزایش میزان ماده خشک آمیخته بستنی اضافه گردید. خامه و شکر به ترتیب در ۶۰ و ۷۰ درجه ترکیب شدند. پس از افزودن امولسیفایر و پایدارکننده، پاستوریزاسیون در ۸۰ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان ۲۰ ثانیه انجام پذیرفت و سپس به سرعت تا ۵۰ درجه سرد شد. در این مرحله پودر ریزجلبک که به وسیله مخلوط‌کن هموزن شد، در ۵ غلظت (۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱ و ۱/۵ درصد وزنی/وزنی) به مخلوط بستنی اضافه شد. فرایند رسیدن مخلوط بستنی در ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. پس از فرایند رسیدن نمونه‌ها به وسیله بستنی ساز آزمایشگاهی (Model IC 100, Feller Technologic GmbH, Germany) منجمد شد. بستنی تهیه آمده تا زمان انجام آزمون‌ها روی بستنی، در فریزر نگهداری شد.

در این پژوهش، شیر استریلیزه و هموزنیزه (۱/۵ درصد چربی) و خامه استریلیزه و هموزنیزه (۲۵ درصد چربی) از شرکت صنایع لبنی کاله، امولسیفایر E471 از شرکت بلدم (Beldem company, Belgium)، شیر خشک بدون چربی، پایدارکننده ثعلب، شکر آسیاب شده و وانیل از فروشگاه‌های لوازم قنادی خریداری گردید. ریزجلبک دونالیلا سالینا از پژوهشکده بیوتکنولوژی جهاد کشاورزی شمال غرب کشور تهیه شد.

۲-۱-۲- تهیه محلول دونالیلا و آمیخته بستنی

برای تهیه مخلوط بستنی، محلول دونالیلا پیش از هموزن سازی در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱ و ۱/۵ درصد جایگزین ۶/۷، ۱۶/۷، ۳۳/۴، ۵۰، ۶۶/۷ و ۱۰۰ درصد پایدار کننده در شیر گردید. مقادیر مناسب از پودر دونالیلا در ۱۵ میلی لیتر آب مقطر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد حل گردید و با کمک همزن مغناطیسی به مدت ۲۰ دقیقه مخلوط گردید. این محلول به منظور آبگیری در طول شب در دمای انجماد نگهداری شد. این مخلوط پیش از تولید بستنی به مدت ۱۵ دقیقه توسط همزن مغناطیسی هم

Table 1 The formula of mixed ice cream containing *Dunaliella salina* algae powder.

Sample	Code	Stabilizer substitution percentage	Fat	Sugar	vanilla	Emulsifier
Control	D 0	0	10	15	0.1	0.15
0.1% <i>Dunaliella salina</i>	D 0.10	6.7	10	15	0.1	0.15
0.25% <i>Dunaliella salina</i>	D 0.25	16.7	10	15	0.1	0.15
0.5% <i>Dunaliella salina</i>	D 0.50	33.4	10	15	0.1	0.15
0.75% <i>Dunaliella salina</i>	D 0.75	50	10	15	0.1	0.15
1% <i>Dunaliella salina</i>	D 1.00	66.7	10	15	0.1	0.15
1.5% <i>Dunaliella salina</i>	D 1.50	100	10	15	0.1	0.15

(Julabo, Model F12-MC, Julabo Labortechnik, Germany) در دمای $5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ و اسپیندل (کاپ و باب^۱) C25 در درجه برش $14-600 \text{ s}^{-1}$ مورد ارزیابی قرار گرفت [۹]. ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های آمیخته در درجه برش 50 s^{-1} ، به عنوان درجه برش مؤثر دهانی بررسی شد.

۲-۲-۲- آزمایش‌های مربوط به بستنی

۲-۲-۲- آزمایش‌های مربوط به آمیخته و بستنی

۲-۲-۱- آزمایش‌های مربوط به آمیخته

۲-۱-۱- ویسکومتری

خصوصیات رئولوژیکی برشی پایای نمونه‌های آمیخته، پس از ۲۴ ساعت رسیدن در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با استفاده از ویسکومتر چرخشی بوهلین (Bohlin) Model Visco 88، (Bohlin instruments, UK) مجهز به سیرکولاتور حرارتی

1. Cup and Bob

۲-۲-۱- بافت سنجی (آزمون نفوذ)

پس از این که نمونه های ۵۰ گرمی بستنی، ۵ دقیقه در دمای محیط قرار گرفتند، دستگاه Texture Analyzer (Brookfield CT3-10kg, US) برای ارزیابی بافت مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور از پروبی به قطر ۶mm برای نفوذ به عمق ۱۵ mm نمونه ها با سرعت ۲ mm/s استفاده شد. بیشترین نیروی فشاری طی نفوذ به عنوان سفتی تعریف شد [۹].

۲-۲-۲- آزمون ذوب

برای تعیین سرعت ذوب بستنی از روش اشمیت و همکاران [۱۰] با انجام اصلاحاتی صورت پذیرفت. نمونه های ۳۰ گرمی پس از یک روز سخت شدن، روی توری فلزی قرار داده شد و در دمای محیط هر ۱۰ ثانیه وزن ذوب نمونه ها ثبت گردید. میانگین سرعت ذوب داده ها در زمان ۲۰ دقیقه ابتدای آزمون بر حسب گرم بر دقیقه گزارش شد.

۲-۲-۳- ضریب افزایش حجم

حجم مشخصی از بستنی قبل و بعد از مرحله انجماد در دستگاه وزن شد و ضریب افزایش حجم نمونه ها بر اساس معادله ۵، محاسبه شد [۱۱].

معادله ۵

$$\text{Overrun}(\%) = \left(\frac{\text{weight of the ice cream mix} - \text{weight of the ice cream}}{\text{weight of the ice cream mix}} \right) * 100$$

۲-۲-۴- آزمون حسی

برای این آزمون، ۲۵ پانلیست متشکل از ۱۲ مرد و ۱۳ زن در محدوده سنی ۲۲ تا ۳۵ سال انتخاب و آموزش داده شده اند. سپس نمونه های ۳۰ گرمی که یک روز مرحله سخت کردن را گذرانیده بودند با شماره های سه رقمی به صورت تصادفی کد گذاری شده و در اختیار داوران قرار گرفتند. از افراد خواسته شد جهت حذف اثر هر نمونه بر نمونه دیگر، بین ارزیابی هر دو نمونه دهان خود را با آب ولرم شستشو دهند. در این پژوهش، برای سنجش حسی از روش آزمون ذهنی (هدونیک) استفاده گردید. پس از نگهداری نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در یخچال، ارزیابی صفات عطر و طعم، شیرینی، سرمازایی، سفتی، زبری، رنگ و شکل ظاهری، سرعت ذوب، رنگ، هوادهی و پذیرش کلی توسط آزمون

1. Subjective (hedonic)

هدونیک ۹ نقطه ای (۱=بی نهایت ناخوشایند، ۲=بسیار ناخوشایند، ۳=متوسط ناخوشایند، ۴=کم ناخوشایند، ۵=متوسط، ۶=کم خوشایند، ۷=متوسط خوشایند، ۸=بسیار خوشایند، ۹=بی نهایت خوشایند) صورت پذیرفت [۱۲].

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش از طرح پایه کاملاً تصادفی تک متغیره در ۲ تکرار استفاده شد. آنالیز واریانس نتایج حاصل با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. آزمون دانکن برای مقایسه میانگین ها در سطح ۹۵ درصد صورت گرفت. نمودارها نیز توسط نرم افزار Excel ۲۰۰۷ رسم شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خواص رئولوژیکی برشی پایا

۳-۱-۱- ویسکوزیته ظاهری^۲

ویسکوزیته طبق تعریف مقاومت سیال به جریان است و به عنوان یک پارامتر بسیار مهم در انتخاب پمپ جهت انتقال مناسب و طراحی تجهیزات مورد نیاز مطرح می باشد [۱۳]. همچنین ویسکوزیته بر بافت نهایی محصول تاثیر می گذارد. از طرف دیگر ویسکوزیته یک عامل تاثیر گذار روی ضریب افزایش حجم، سرعت خامه ای شدن، نرخ انتقال جرم و حرارت و شرایط جریان شیر و فراورده های لبنی معرفی شده است [۱۴]. همانطور که در شکل ۱، نشان داده شده است، افزایش سطوح جلبک، ویسکوزیته ظاهری نمونه ها را در سرعت برش 50 S^{-1} به صورت معنی داری ($P < 0.05$) از ۰/۵۳ به ۲/۵۱ پاسکال ثانیه افزایش داده است. تنها در نمونه های صفر و ۰/۱ درصد جلبک، تفاوت در ویسکوزیته ظاهری آمیخته، از لحاظ آماری بی معنی بوده است ($P > 0.05$).

به نظر می رسد دلیل اصلی افزایش ویسکوزیته مربوط به حضور پروتئین، پلی ساکاریدهای جلبک موجود در آمیخته بستنی حاوی جلبک باشد. بنابراین حضور این ترکیبات که دارای وزن مولکولی بالا هستند از طریق پیوند با آب و تشکیل شبکه ژلی، افزایش ویسکوزیته را توجیه می کنند. تغییرات ویسکوزیته در این تحقیق مشابه یافته های سایر محققان بود [۱۵-۱۸]. به طور مثال، اراکیا

2. Apparent viscosity

داده می‌شود یکی از دلایل افزایش میزان ویسکوزیته آمیخته‌های حاوی جلبک باشد. پلی ساکاریدها می‌تواند نقش کلیدی را در کینتیک کواگولاسیون (زمان تشکیل ژل و سرعت سفت شدن لخته) بازی کند. گاف و همکاران ذکر کردند که نوع و وزن مولکولی ترکیبات تشکیل دهنده آمیخته و توانایی آنها در پیوند با آب و تشکیل شبکه زلی را عامل افزایش ویسکوزیته می‌باشد [۱۳]. ساکولیس و همکاران عنوان کردند نگره‌داری آب در ارتباط با محدودیت حرکت مولکول‌های آب آزاد توسط کربوهیدرات‌های با قابلیت جذب آب افزوده شده می‌باشد و در نتیجه افزایش ویسکوزیته توده را به همراه دارد [۱۹]. بهرام پرور و همکاران عنوان کردند با افزایش غلظت پایدارکننده ویسکوزیته ظاهری نیز افزایش می‌یابد [۱۴]. ویسکوزیته آمیخته با کاهش سرعت ذوب و افزایش حفظ شکل بسیار در ارتباط می‌باشد [۲۰ و ۲۱] که هردو مورد برای افزایش کیفیت بستنی مفید می‌باشند.

و همکاران ویسکوزیته ظاهری آمیخته‌های بستنی حاوی پالپ انگور فرنگی را بین ۱/۷۱ تا ۴/۶۵ پاسکال ثانیه گزارش دادند و دلیل افزایش ویسکوزیته ظاهری را میزان بالای فیبر رژیمی آمیخته بستنی غنی شده نسبت به شاهد عنوان کردند [۱۵]. مشابه چنین نتایجی در مطالعات ساماهی و همکاران [۱۸] در بستنی حاوی پالپ کاکتوس مشاهده شده است. ساکولیس افزایش ویسکوزیته مخلوط بستنی غنی شده با فیبر را به خاطر سهم مواد محلول در ترکیب فاز مایع و سهم فیبر نامحلول در افزایش ماده جامد کل عنوان کرد [۱۷]. پاتل و همکاران دلیل افزایش میزان ویسکوزیته بستنی کم چرب حاوی میوه ساگو را نشاسته و پروتئین بالای این میوه دانستند و بیان کردند افزایش ژلاتینه شدن نشاسته ممکن است باعث افزایش ظرفیت نگره‌داری آب و ویسکوزیته آمیخته شود [۱۶]. بنابراین، همانطور که در بررسی منابع ذکر شد، جلبک دونالیلا حاوی کربوهیدرات بوده و احتمال

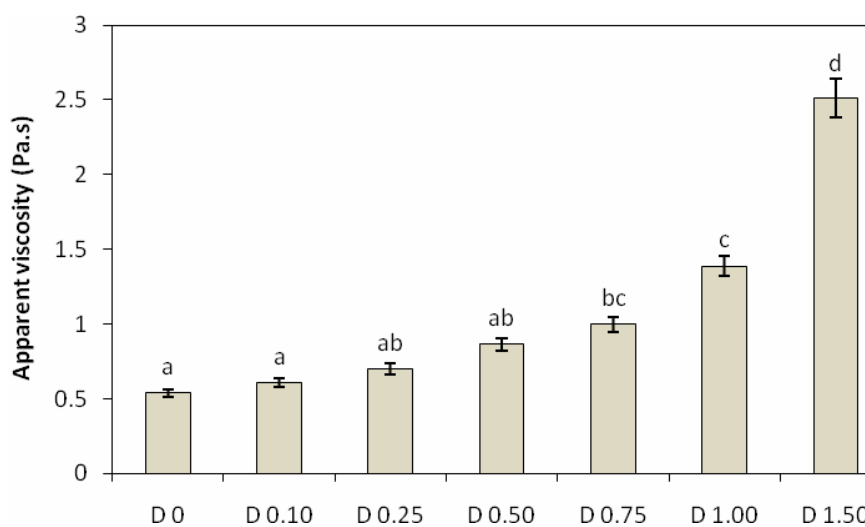


Fig 1 Effect of adding *Dunaliella salina* on apparent viscosity of mixed icecream at strain of 50s⁻¹

انجماد اولیه (میزان قند)، مواد جامد، ضریب افزایش حجم و میزان و نوع پایدارکننده‌ها. سفتی ممکن است به عنوان معیاری از رشد کریستال یخ استفاده شود. تعداد و اندازه کریستال‌های یخی تشکیل شده از آب قابل دسترس در طول انجماد روی تشکیل کریستال یخی و رشد آن در طول ماندگاری تاثیرگذار می‌باشد. افزایش اندازه کریستال یخی (به هم پیوستن کریستال‌های یخی و

۳-۲- خواص بافتی دستگاهی

مقاومت بستنی به تغییر شکل زمانی که یک نیروی خارجی وارد می‌شود را سفتی می‌گویند [۲۲]. سفتی بستنی یک ویژگی بسیار مهم می‌باشد، زیرا به صورت مستقیم روی قاشق پذیری آن مؤثر می‌باشد. سفتی محصول در دمای معمول مصرف بسیار مهم می‌باشد. سفتی تحت تاثیر تعدادی از فاکتورها قرار می‌گیرند: نقطه

شرکت می‌کنند [۳۰]. جلبک دونالیلا همراه با دیگر پایدارکننده‌ها از پدیده کریستالیزاسیون مجدد جلوگیری می‌کند. عمل پایدارکننده به عنوان محافظ سرما، ناشی از توانایی آنها در کنترل انتشار آب از/ به کریستال‌های یخ از طریق ممانعت استری و حفظ آب می‌باشد.

۳-۳- سرعت ذوب

کیفیت ذوب مناسب، به خصوص در بستنی‌های چوبی و قیفی اهمیت بالایی دارد. به دلیل اینکه اگر بستنی خیلی سریع ذوب شود، قابلیت خوردن مناسب را از دست می‌دهد. به علاوه، چنین محصولی به راحتی در معرض شوک حرارتی قرار می‌گیرد. در مقابل شوک، ذوب خیلی آهسته نیز در بستنی یک نقص به شمار می‌رود [۳۱]. آن چه از جدول ۲، استنباط می‌گردد، مشاهده تأثیر افزودن درصد جلبک دونالیلا به صورت روند کاهشی سرعت ذوب است. معنی دار بودن کاهش سرعت ذوب، برای تمامی سطوح جلبک مشاهده شد ($P < 0.05$). دلیل این کاهش را می‌توان به حضور ترکیباتی دانست که قدرت حفظ آب بیشتر و توانایی ایجاد ویسکوزیته دارند، دانست. سرعت ذوب نمونه‌ها بستنی بین ۰/۲۱ (آمیخته حاوی ۱/۵ درصد جلبک) و ۰/۹۱ (آمیخته حاوی صفر درصد جلبک) گرم بر دقیقه متغیر بوده است. با توجه به ترکیب جلبک دونالیلا و عملکرد مشابه پایدار کننده آن، به نظر می‌رسد عوامل متعددی بر مقاومت به ذوب بستنی تأثیرگذار باشد. افزایش مقدار کربوهیدرات و پروتئین و به عبارتی گروه‌های عاملی هیدروفیل، آب آزاد بیشتری را به صورت آب هیدراسیون درآورده و با کاهش آب آزاد باعث افزایش میکرو-ویسکوزیته در فاز غیر منجمد (سرم) بستنی و در نتیجه افزایش مقاومت به ذوب می‌شوند. املاح نیز با افزایش پایداری امولسیون سبب افزایش مقاومت به ذوب می‌شود [۳۲ و ۳۳] و به این ترتیب زمان بیشتری برای انتشار آب در این فاز و همچنین جریان آن از داخل به خارج بستنی و سپس چکه کردن از سوراخ‌های توری فلزی مورد استفاده در آزمایش مورد نیاز می‌باشد [۳۴].

در یک نگاه کلی، کاهش سرعت ذوب بستنی را می‌توان به افزایش ویسکوزیته و ثبات امولسیون آمیخته بستنی نسبت داد. بنابراین می‌توان گفت تمام مکانیسم‌هایی موثر بر افزایش

تشکیل یک شبکه کریستال یخی بزرگتر، بستنی سفت تری ایجاد می‌کند. به علاوه سفتی ممکن است به عنوان بازتابی از اجزای تشکیل دهنده آمیخته (چربی، پروتئین، قند و هیدروکلوئیدها) و شرایط فرآیند (هموژنیزاسیون، رسیدن و انجماد) محصول نهایی منجمد باشد [۲۳ و ۱۹ و ۲۴]. یافته‌های حاصل از این تحقیق نشان داد، نمونه حاوی صفر درصد جلبک و ۱/۵ درصد جلبک به ترتیب بیشترین و کمترین سفتی را دارا بودند و اختلاف بین آنها معنی دار بود (جدول ۲). در این پژوهش افزودن جلبک، کاهش معنی دار در سفتی را سبب شد. بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، بین تمامی سطوح کاهش معنی‌داری در سفتی مشاهده شد. این مشاهدات در تطابق با یافته‌های سوکولیس و همکاران روی بستنی و آندرس و همکاران، فاکس و همکاران، وایتینگ، فوگدینگ و رامسی و لین و همکاران روی سس می‌باشد [۲۹-۲۵ و ۱۹]. مارشال و همکاران بیان کردند، افزایش میزان هیدروکلوئید در بستنی با بهبود ویسکوزیته، سفتی را زیاد می‌کند. شاید یکی از دلایل کاهش سفتی با افزایش غلظت جلبک در این پژوهش را بتوان به افزایش ضریب افزایش حجم نسبت داد [۲۱]. محققان زیادی به این نتیجه رسیدند که افزایش ضریب افزایش حجم، سفتی را کاهش می‌دهند. حضور هوا در شبکه پیوسته بستنی نفوذ راحت‌تر پروب را ممکن می‌کند. بنابراین بستنی با ضریب افزایش حجم بالاتر، قابلیت قاشق‌پذیری بالاتری را ایجاد می‌کند. اگرچه ممکن است اندازه سلول‌های هوا هم مؤثر باشد [۱۳]. دلیل دیگر را می‌توان این گونه بیان کرد که با پیدایش کریستال‌های یخی بزرگ شاهد افزایش سفتی در نمونه‌های با مقدار کم جلبک هستیم. بنابراین افزایش جلبک باعث کنترل کریستالیزاسیون و آب دسترس پذیر شده و در نتیجه کاهش سفتی با افزایش غلظت آن قابل توجیه می‌باشد. مشابه چنین نتایجی توسط وارا و همکاران برای نمونه‌ی دارای مقدار کم پایدارکننده بدست آمد [۲۳]. کاهش سختی با افزایش میزان جلبک ممکن است به تغلیظ انجمادی در فاز سرم نسبت داده شود. برطبق این مطالب، افزایش میکرو-ویسکوزیته فاز سرم می‌تواند در کنترل کارآمد بیشتر آب غیر کریستالی از/ به مجاور کریستال‌های یخی که مانع از تصادم کریستال‌های یخ و تاخیر در کریستالیزاسیون مجدد می‌شود، موثر باشد [۱۹]. کلسمند و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند، اندازه کریستال‌های یخ و حجم فاز یخ در سختی بستنی

عنوان کردند [۳۶]. سانتانا و همکاران، فاکتورهایی مانند؛ ماده جامد کل، اندازه کریستال‌های یخی، اندازه گلوبول‌های چربی و ضریب افزایش حجم را در ذوب شدن اثرگذار دانستند [۳۷]. بهرام پرور و همکاران بیان کردند با افزایش میزان صمغ و به دنبال آن افزایش ویسکوزیته، مقاومت به ذوب افزایش یافته است (۱۴). مارشال و همچنین هگنبارت رابطه بین ویسکوزیته و مقاومت به ذوب را مورد بررسی قرار دادند [۲۱ و ۳۸]. النگار و همکاران دلیل کاهش سرعت ذوب بستنی با افزایش مقدار اینولین از ۵ به ۷ درصد را توانایی ایجاد پیوند اینولین با فاز مایع و افزایش ویسکوزیته بیان کردند [۳۹]. آکین و همکاران گزارش کردند که کاهش سرعت ذوب بستنی دارای اینولین احتمالاً به دلیل کاهش حرکت آزاد مولکول‌های آب در حضور اینولین است [۹].

ویسکوزیته و ثبات امولسیون روی سرعت ذوب بستنی تاثیرگذارند [۳۲]. کارامان و همکاران عنوان کردند افزودن پوره خرمالو کاهش معنی داری در سرعت ذوب شدن نمونه‌ها دارد [۸]. دلیل چنین نتایجی به فیبر نسبت داده شد، پوره خرمالو میزان زیادی فیبر دارد که می‌تواند آب را جذب کرده بنابراین می‌تواند ذوب شدن به تعویق بيفتد. ارکایا و همکاران مشاهده کردند، افزودن انگور فرنگی باعث افزایش زمان ذوب شدن می‌شود که می‌تواند ناشی از حضور ترکیباتی در انگور باشد که خاصیت جذب آب دارند [۱۵]. هوانگ و همکاران مشابه چنین نتایجی را بدست آوردند و عنوان کردند افزودن پایدارکننده‌های هیدروکلوئیدی و پلی‌ساکاریدی به بستنی نه تنها ویسکوزیته را افزایش می‌دهد بلکه سرعت ذوب را کاهش می‌دهد [۳۵]. واتر‌هواس و همکاران تفاوت در سرعت ذوب بستنی حاوی بخش‌های مختلف کیوی را تفاوت در ترکیب و ماهیت آنزیمی

Table 2 The hardness, melting rate and overrun of ice cream samples at different concentration of *Dunaliella salina*

Sample code	Overrun (%)	Melting rate (g/min)	Hardness (g)
D 0	24.71±0.41	0.91±0.008	2665±55.6
D 0.10	28.35±1.19	0.79±0.011	2409±22.62
D 0.25	31.61±0.78	0.64±0.007	2374±47.98
D 0.50	34.45±0.49	0.58±0.010	2122±13.40
D 0.75	36.25±0.87	0.44±0.009	2001±14.22
D 1.00	39.32±1.03	0.32±0.006	1902±32.45
D 1.50	45.19±0.71	0.21±0.008	1778±21.30

مشاهده شد ($P < 0.05$). در این پژوهش میزان ضریب افزایش حجم برای آمیخته‌های بستنی بین ۲۴/۷۱ (برای نمونه شاهد) و ۴۵/۱۹ (برای نمونه حاوی ۱/۵ درصد جلبک) محاسبه گردید. از آنجا که در بررسی منابع [۸، ۱۵، ۳۵، ۱۸]. روابطی بین ضریب افزایش حجم و ویسکوزیته مشاهده شده است و از طرفی در این پژوهش افزودن سطح جلبک تأثیر معنی داری بر ویسکوزیته آمیخته بر جای گذاشت، به نظر می‌رسد بتوان تغییرات مشاهده شده در ضریب افزایش حجم را با مکانیسم‌هایی که باعث تغییر ویسکوزیته سیستم شده‌اند، مرتبط دانست. با افزودن جلبک تا سطح ۱/۵ درصد، ضریب افزایش حجم افزایش می‌یابد و به موازات آن ویسکوزیته نیز در حال افزایش است، این افزایش در جهت بهبود ضریب افزایش حجم مؤثر است.

۳-۴- ضریب افزایش حجم (اورران)

ضریب افزایش حجم به عنوان یک ویژگی فیزیکی مهم تاثیرگذار بر کیفیت محصول می‌باشد و عبارتست از افزایش حجم بستنی نسبت به حجم آمیخته در اثر فرایند زدن و هوادهی [۱۳]. مقدار هوایی که وارد بستنی می‌شود، به دو دلیل دارای اهمیت است: ارتباط آن با راندمان و بالتبع سوددهی و تاثیر آن بر بافت، پیکره و قابلیت پذیرش بستنی [۴۰].

نتایج آنالیز واریانس مبین معنی دار بودن اثر افزودن جلبک دونالیلا بر ضریب افزایش حجم بستنی بود ($P < 0.05$). همانطوری که در جدول ۲، مشاهده می‌شود با افزایش غلظت جلبک به میزان صفر تا ۱/۵ درصد، افزایش معنی داری در ضریب افزایش حجم

۱۵٪ موجب کاهش در ضریب افزایش حجم می‌شود، که دلیل این کاهش را به افزایش ویسکوزیته نسبت دادند [۱۵]. روند کاهشی ضریب افزایش حجم با افزودن لرد شراب انگور به آمیخته بستنی در یافته‌های هوانگ و همکاران نیز مشاهده شد [۳۵]. مشابه چنین نتایجی توسط ساماهی و همکاران بدست آمد، که به افزایش ویسکوزیته نسبت داده شد و به شدت روی سرعت هم زدن مخلوط اثرگذار می‌باشد [۱۸]. مارشال دلیل دستیابی به ضریب افزایش حجم بیشتر را در بالا رفتن میزان مواد جامد بستنی عنوان کرد [۲۱].

۳-۵- ویژگی‌های حسی

ارزیابی حسی روشی علمی برای آشکارسازی، تحلیل و تفسیر پاسخ یا واکنش انسان‌ها نسبت به محصولات. کنش‌ها به واسطه حواس بینایی، بویایی، لامسه‌ای، چشایی و شنوایی انسان دریافت و ادراک می‌گردند. بدون تردید درک بافت و طعم بستنی، بزرگترین فاکتور تعیین‌کننده پذیرش توسط مصرف‌کننده می‌باشد [۱۹]. بیشتر مردم به دلیل صفات حسی موجود در بستنی، مانند: طعم شیرین، حالت صاف، خامه‌ای و بافت ویسکوالاستیک و یک احساس سردی مطلوب لذت می‌برند [۱۳]. ارزیابی حسی وابسته به سلیقه و دیدگاه شخصی فرد آزمون‌کننده می‌باشد. در ادامه هر یک از صفات مورد ارزیابی در آزمون هدونیک مورد بحث و بررسی قرار گرفته است:

۳-۵-۱- رنگ و شکل ظاهری

در جدول ۳ داده‌های مربوط به مقایسه میانگین مربوط به رنگ و شکل ظاهری نشان داده شده است. در مورد پارامتر رنگ و شکل ظاهری، افزودن جلبک اثر معنی‌داری بر ظاهر نمونه‌های بستنی نداشته است ($P > 0/05$). بین ظاهر بستنی و خصوصیات حسی طعم، پذیرش کلی و حالت خامه‌ای همبستگی مثبتی وجود دارد [۴۲]. بنابراین این ویژگی در پذیرش محصول اثر مهمی دارد. کارامان و همکاران اثر افزودن پوره خرمالو در رنگ و شکل ظاهری بستنی را اندک ولی مطلوب عنوان کردند [۸].

۳-۵-۲- عطر و طعم

این فاکتور بیشترین اهمیت را در بین معیارهای حسی محصول دارد [۸]. نتایج بدست آمده در بررسی عطر و طعم بیانگر این مطلب است که اثر افزودن جلبک در تمامی سطوح روی عطر و

یکی از نقش‌ها پایدارکننده‌ها افزایش ضریب افزایش حجم از طریق افزایش ویسکوزیته و حفظ حباب‌های هوا می‌باشد [۲۱]. اما چنین روندی در پژوهش بهرام پرور و همکاران [۱۴] مشاهده نشد، این محققان دلیل چنین نتایجی را کارا نبودن بستنی ساز به کار گرفته شده در ترکیب کردن هوا و هم زدن آمیخته و زمان زیاد مورد نیاز جهت انجماد آمیخته‌های بستنی نسبت دادند. آکالین نیز به مشکلات افزایش ضریب افزایش حجم به بیش از ۴۰-۴۵ درصد در بستنی‌های نرم و نیمه نرم تولید شده در بستنی سازهای غیرمداوم اشاره کرد [۹]. گوهری و همکاران کاهش ضریب افزایش حجم را به افت نقطه انجماد نسبت دادند [۳۲]. این محققان بیان کردند هنگام استفاده از شیره‌ی خرما به دلیل دارا بودن قندهایی با وزن مولکولی کمتر، افت نقطه انجماد نسبت به زمانی که از ساکارز استفاده می‌شود، بیشتر است. به همین دلیل مخلوط جهت کریستالیزاسیون مناسب به دماهای پایین‌تر احتیاج دارد. لزوم استفاده از دماهای پایین‌تر در نسبت‌های بالاتر جایگزینی که افت نقطه انجماد بیشتر است، ضروری‌تر به نظر می‌رسد. ولی این محققان اعلام کردند از آنجایی که شرایط تولید در مرحله‌ی انجماد کلیه‌ی تیمارها یکسان بوده است، به نظر می‌رسد به دلیل عدم تأمین سرمای لازم کریستالیزاسیون مطلوب صورت نگرفته و ضریب افزایش حجم کاهش یافته است.

ضریب افزایش حجم بیش از حد کم، که هوای اندکی را شامل می‌شود، موجب احساس سردی بیش از حد در دهان، فقدان حالت خامه‌ای و احساس دهانی می‌شود. اگر ضریب افزایش حجم بیش از حد باشد، بستنی حالت کف دارد. اغلب کشورها محدوده مجاز اووران را ۱۰۰٪ بیان می‌کنند [۳۶]. گاف و همکاران بیان کردند ضریب افزایش حجم در دسرهای لبنی منجمد نرم معمولاً ۵۰٪ و برای دسرهای منجمد سخت ۹۰ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد (این تفاوت مربوط به ماده جامد کل می‌باشد که برای دسرهای منجمد نرم بین ۳۰ تا ۳۵ و برای دسرهای منجمد سخت ۳۶ تا ۴۰ می‌باشد) [۱۳ و ۲۴].

گوون و کاراکا افزایش کم ضریب افزایش حجم را با افزودن سطح توت فرنگی از ۳۰٪ به ۳۷٪ به بستنی و ماست منجمد مشاهده کردند [۴۱]. نتایج تحقیقات ارکایا و همکاران نشان داد ضریب افزایش حجم آمیخته‌های بستنی حاوی انگور فرنگی نسبت به شاهد بالاتر است ولی افزایش سطح انگور از ۵٪ به

[۱۳].

۳-۵-۵- شددت سردی و حالت زبری

شددت سردی و زبری بودن وابسته به حضور کریستال های یخی بزرگ می باشند. ارتباط مستقیم بین اندازه کریستال های یخ و توسعه حالت زبری و پیکره یخی به خوبی شناخته شده می باشد [۴۳]. وارا و همکاران بیان داشتند، زمانی که ساختار بستنی به خوبی پایدار شده باشد، کریستال های کوچک یخ به وجود می آیند، که دلیل به وجود آمدن حالت خامه ای و صاف در بستنی می باشند [۲۳]. نمونه هایی که دارای حداکثر نیروی فشردن مکانیکی و حداکثر کار نفوذ هستند را می توان به حضور کریستال های یخی بزرگ نسبت داد. هدایت حرارتی بالای یخ مرتبط با مقدار یخ بستنی و گرمای گرفته شده از دهان می باشد [۴۴]. ارزیابان حسی حالت زبری نمونه هایی از آمیخته بستنی که فاقد جلبک بودند را بیشتر پسندیدند. همچنین غلظت جلبک تاثیر معنی داری بر قابلیت پذیرش مصرف کننده در مورد احساس سردی نداشته است.

۳-۵-۶- پذیرش کلی

در جدول ۳ نتایج مربوط به مقایسه میانگین پذیرش کلی نشان داده شده است. مقادیر میانگین نشان می دهد که به طور کلی بیشترین پذیرش مربوط به نمونه حاوی ۱/۵ درصد جلبک و کمترین مقبولیت مربوط به سطح صفر جلبک بود. البته غلظت جلبک تاثیر معنی داری بر قابلیت پذیرش مصرف کننده در مورد پذیرش کلی نداشت.

طعم محصول اثر معنی داری نداشت ($P > 0.05$). کارامان و همکاران تغییر معنی داری در ویژگی عطر و طعم بستنی با افزودن سطح پوره خرمالو مشاهده نکردند [۸]. اما، در محصولاتی که غنی از پوره بودند (به جز در سطح ۴۰ درصد) افزایش امتیاز طعم را مشاهده کردند.

۳-۵-۳- سفتی

سفتی بستنی به عنوان یکی از مهم ترین خصوصیات بستنی مطرح می باشد، زیرا، به صورت مستقیم روی قاشق پذیری آن دخیل می باشد [۱۳]. افزودن ۱/۵ درصد جلبک دارای امتیاز بالاتری نسبت به سایر سطوح شد و این اختلاف معنی دار بود ($P < 0.05$) ولی در سایر سطوح اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). به نظر می رسد ارزیابان نمونه هایی با بافت سفت تر را کمتر می پسندند.

۳-۵-۴- سرعت ذوب

ارزیابان به نمونه فاقد جلبک که دارای مقاومت به ذوب کمتری بودند، امتیاز کمتری دادند. این تغییر در امتیاز معنی دار بود ($P < 0.05$). کارامان و همکاران ارتباط مستقیمی بین مقاومت به ذوب و امتیاز بالای ارزیابان با افزایش سطح خرمالو در بستنی پیدا کردند [۸]. ارکایا و همکاران نیز بیان کردند مصرف کنندگان نمونه دارای مقاومت ذوب بالاتر را بیشتر ترجیح می دهند و نمونه حاوی بیشترین سطح انگور، بیشترین امتیاز را دریافت کرد (۱۵). گاف و هارتل بیان کردند، در بستنی با ضریب افزایش حجم بالا به دلیل کاهش نفوذ حرارتی، سرعت ذوب نمونه کاسته می شود

Table 3 Sensory evaluation of icecream samples containing different concentration of *Dunaliella salina*

Sample code	Score						
	Color and appearance	Odor and Flavor	Hardness	Melting rate	Coldness	Roughness	Overall acceptance
D 0	6.27a	6.93b	6.67ab	5.13a	6.87b	7.27b	5.87a
D 0.10	6.33a	6.33abc	6.67ab	5.53ab	5.83a	6.67a	6.13ab
D 0.25	6.40ab	6.53ab	6.40a	5.73b	6.67ab	6.87ab	5.93a
D 0.50	6.53ab	6.47ab	6.47a	5.67b	6.53ab	6.87ab	6.07ab
D 0.75	6.67b	6.27abc	6.53a	6.47c	6.07a	6.53a	6.27b
D 1.00	6.73b	6.13a	7.00b	6.33c	6.93b	6.67a	6.13ab
D 1.50	6.73b	6.07a	7.73c	6.73d	6.60ab	6.47a	6.40b

and xanthan gums, Food Hydrocolloids(2016), Food Hydrocolloids, 1(5):1-6.

[2] Matuda, T.G., Chevallier, S., Filho, P.A., LeBail, A. & Tadini, C. (2008). Impact of guar and xanthan gums on proofing and

۴- منابع

[1] Hejrani, T., Sheikholeslami, Z., Mortazavi, A. & Ghiyafe Davoodi, M. (2016). The properties of part baked frozen bread with guar

- okra gum is an acceptable milk-fat ingredient substitute in chocolate frozen dairy dessert. *Journal of American Dietetic Association*, 106, 594-597.
- [14] Romanchik-Cerpovicz, J.E., Tilmon, R.W. & Baldree, K.A. (2002). Moisture retention and consumer acceptability of chocolate bar cookies prepared with okra gum as a fat ingredient substitute. *Journal of American Dietetic Association*, 102, 1301-1303.
- [15] Linlaud, N.E., Puppo, M.C. & Ferrero, C. (2009). Effect of hydrocolloids on water absorption of wheat flour and farinograph and textural characteristics of dough. *Cereal Chemistry*, 86, 376-382.
- [16] Rosell, C.M., Rojas, J.A. & Benedito, B.D. (2003). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15: 75-81.
- [17] Nasehi, B., Razavi, M.A. & Ghodsi, M. (2016). Investigation of the effect of aloe vera powder on the properties of Barbari bread during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 51(13), 195-203. (In persian).
- [18] Ozkoc, S.O., Sumnu, G. & Sahin, S. (2009). The effects of gums on macro and micro-structure of breads baked in different ovens. *Food Hydrocolloids*, 23: 2182-2189.
- [19] AACC. (1999). Approved method the American Association of cereal chemists. The American Association of cereal chemists.
- [20] Alamri, M.S., Mohamed, A.A. & Hussain, Sh. (2012). Effect of okra gum on the pasting, thermal, and viscous properties of rice and sorghum starches. *Carbohydrate Polymers*, 89: 199-207.
- [21] Rajabzadeh, N. (1991). Iranian Flat Breads Evaluation. *Iranian Cereal and Bread Research Institute*, Publication no. 71, Tehran, Iran. (In Persian).
- [22] Roberts, K.T., Allen-Vercoec, E., Williams, S.A., Grahamb, T. & Cuia, S.W. (2015). Comparative study of the in vitro fermentative characteristics of fenugreek gum, white bread and bread with fenugreek gum using human faecal microbes. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fiber*, 5, 116-124.
- [23] Mariotti, M., Lucisano, M. & Pagani, A. (2006). Development of a baking procedure for the production of oat-supplemented wheat bread. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 151-157.
- [24] Peyghambari, S. H., Azadmard, D. S., Fathnejhad, R., Neamatti, M. & Rafat, S. A. calorimetric parameters of frozen bread dough. *Journal of Cereal Science*, 48, 741-746.
- [3] Nasehi, B., Azizi, M.H. & Hadian, Z. (2009). Different approaches for determination of bread staling. *Journal of Food Science and Technology*, 6(1), 53-63. (In persian).
- [4] Gomes-Ruffi, C.R., Cunha, R.H., Almeida, E. L., Chang, Y.K. & Steel, C.J. (2012). Effect of the emulsifier sodium stearoyl lactate and of the enzyme maltogenic α -amylase on the quality of pan bread during storage. *LWT - Food Science and Technology*, 49, 96-101.
- [5] Mettler, E. & Seibel, W. (1993). Effects of emulsifiers and hydrocolloids on whole wheat bread quality: a response surface methodology study. *Cereal Chemistry*, 70, 373-377.
- [6] Rodge, A.B., Ghatge, P.U., Wankhede, D.B., & Kokate R.K. 2006. Isolation, purification & rheological study of guar genotypes RGC-1031 and RGC-1038. *J Arid Legumes* 3: 41-43.
- [7] Bárcenas, M.E. & Rosell, C.M. (2005). Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 19, 1037-1043.
- [8] Hattori, K., Abe, E., Yoshida, T. & Cuculo, J.A. (2004). New solvents for cellulose diethylene diamine/thiocyanate salt system. *Polymer Journal*, 36, 123-130.
- [9] Olivas, G.I. & Barbosa-Canovas G.V. (2005). Edible coatings for fresh-cut fruits. *Food Science and Nutrition*, 45, 657-670.
- [10] Hussain, P.R., Suradkar, P.P., Wani, A.M. & Dar, M.A. (2015). Retention of storage quality and post-refrigeration shelf-life extension of plum (*Prunus domestica* L.) cv. Santa Rosa using combination of carboxymethyl cellulose (CMC) coating and gamma irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 107, 136-148.
- [11] Sengkhamparn, N., Sagis, L.M.C., Vries, D., Schols, H.A., Sajjanantakul, T. & Voragen, A.G.J. (2010). Characterisation of cell wall polysaccharides from okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Food Hydrocolloids*, 24, 35-41.
- [12] Costantino, A.J., & Romanchik-Cerpovicz, J.E. (2004). Physical and sensory measures indicate moderate fat replacement in frozen dairy dessert is feasible using okra gum as a milk-fat ingredient substitute. *Journal of American Dietetic Association*, 104, 44-52.
- [13] Romanchik-Cerpovicz, J.E., Costantino, A.C. & Laura, H.G. (2006). Sensory evaluation ratings and melting characteristics show that

- Indian Flat Bread. *Journal of Text Studies*, 39, 267-271.
- [35] Moayedi, S., Sadegi, M. A., Azizi, M. H. & Maghsoudlou, Y. (2009). The effect of gum tragacanth on farinograph and extensibility properties of wheat flour dough. *Journal Food Processing And Preservation*, 2(2), 47-60. (In Persian).
- [36] Peressini, D., Pin, M. & Sensidoni, A. (2011). Rheology and breadmaking performance of rice-buckwheat batters supplemented with hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 25, 340-349.
- [37] Shittu, T.A., Rashidat, A.A. & Abuloude, E.O. (2009). Functional effect of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. *Food Hydrocolloids*, 23, 2254-2260.
- [38] Das, L., Raychaudhuri, U. & Chakraborty, R. (2015). Effects of hydrocolloids as texture improver in coriander bread. *Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 3671-3680.
- [39] López, E., Pérez, G., Erramouspe, P.L.J. & Cuevas, C. (2013). Effect of Brea Gum on the characteristics of wheat bread at different storage times. *Food Science and Technology (Campinas.)*, 33(4), 745-752.
- [40] Lopez, E.P. & Jimenez P.L. (2015). Effect of different proportions of brea gum in the functional characteristics of wheat flour starch: impact on the physical quality of bread. *Food Science and Technology*. 1, 1-7.
- [41] Eduardo, M., Svanberg, U. & Ahrne, L. (2014). Effect of hydrocolloids and emulsifiers on baking quality of composite cassava-maize wheat bread. *International Journal of Food Science*, 1, 1-9.
- [42] Angioloni, A. & Collar, C. (2009) Gel, dough and fiber enriched fresh breads: relationships between quality features and staling kinetics. *Journal of Food Engineering*, 91:526-532.
- [43] Kohajdova, Z. & Karovicova, J. (2009). Application of hydrocolloid as baking improvers. *Chemical Papers*, 63: 26-38.
- [44] Martin, M.L., Zeleznak, K.J. & Hosney, R.C. (1991). A mechanism of bread firming I. Role of starch swelling. *Cereal Chemistry*, 68:498-503.
- (2012). Application of Falxseed in breadmaking: effect on chemical characteristics, fat composition of flour and bread, and sensory quality of the enriched semi flat bread. *Journal of food research*, 232(2), 281-292. (In Persian).
- [25] Anil, M. (2007). Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in bread making. *Journal of Food Engineering*, 80, 61-67.
- [26] Gharaie, Z., Azizi, M. H., Barzegar, M. & Aghagholizade, R. (2016). Effects of Salep and Tragacanth Hydrocolloids on dough rheological properties and Barbari Bread Quality. *Journal of Food Science and Technology*, 50(13), 23-31. (in persian).
- [27] Sim, S.Y, Noor Aziah, A.A. & Chen, G.L.H. (2011). Characteristics of wheat dough and Chinese steamed bread added with sodium alginates or konjac glucomannan. *Food Hydrocolloids*, 25, 951-957.
- [28] Rosell, C.M., Collar, C. & Haros, M. (2007). Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab. *Food Hydrocolloids*, 21, 452-462.
- [29] Sahari, M.A. Mohammadi, R. & Hamidi Esfehiani, Z. (2014). Rheological and Quality Characteristics of Taftoon Bread as Affected by Salep and Persian Gums. *International Journal of Food Science*, 1, 1-7.
- [30] Roberts, K.T., Cui, S.W., Chang, Y.H., Ng, P.K.W. & Graham, T. (2012). The influence of fenugreek gum and extrusion modified fenugreek gum on bread. *Food Hydrocolloids*, 26(2), 350-358.
- [31] Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C. & Galotto, M.J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and anti staling agents. *Food Hydrocolloids*, 18, 241-247.
- [32] Ghanbari, M. & Farmani, J. (2013). Influence of hydrocolloids on dough properties and quality of barbari: an Iranian leavened flat bread. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 15, 545-555.
- [33] Tavakolipour, H. & Kalbasi-Ashtari, A. (2006). Influence of gums on dough properties and flat bread quality of two persian wheat varieties. *Journal of Food Process Engineering*, 30(1), 74-87.
- [34] Smitha, S., Rajiv, J., Begum, K. & Indrani, D. (2008). Effect of Hydrocolloids on Rheological, Microstructural and Quality Characteristics of Parotta: An Unleavened

The investigation of production of ice cream containing *Dunaliella salina* alga powder

Salimpour Erdi, M. ¹, Khoshkhoo, Zh. ², Emtiazjoo, M. ^{2*}

1. MSc, Department of Food Science and Technology, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

(Received: 2018/09/21 Accepted:2019/08/11)

The aim of this study was to investigate the effect of *Dunaliella salina* addition in concentrations of 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 1 and 1.5% as substitutes for 6.7, 16.7, 33.4, 50, 66.7 and 100% stabilizers on the rheological, physicochemical and sensory properties of the ice cream samples. All samples showed a shear-thinning behavior. *Dunaliella salina* addition increased significantly the apparent viscosity and decreased melting rate ($P<0.05$). Also, the addition of *Dunaliella salina* increased significantly in the overrun and decreased the hardness of the samples ($P<0.05$). The sensory evaluation suggests that the addition of *Dunaliella salina* does not have a significant effect on odor and flavor. Samples containing the highest percentage of *Dunaliella salina* were received the highest color, appearance and hardness scores by panelists. In general, samples containing a high percentage of *Dunaliella salina* were selected as the best overall acceptance by panelists. As a general result, according to the results of this study, the addition of *Dunaliella salina* to ice-cream, while improving the qualitative characteristics of the product, also improves its sensory properties and improves the acceptance of the product.

Keywords; Ice cream; Rheological properties; *Dunaliella salina*; Sensory evaluation; Physical properties

* Corresponding Author E-Mail Address: moz_emtyazjoo@yahoo.com