



Investigating the effect of sucrose with a suitable level of licorice as a native Iranian sweetener on the quality of ice cream

Nastaran Khodadadi¹, Zeynab Raftani Amiri^{✉2}, Reza Esmailzadeh Kenari² and Somayeh Rezaei Erami³

¹MSc Student, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

²Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

³PhD in food Technology, National Standard Organization, Behshahr, Iran

✉ Corresponding author: z.raftani@sanru.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article history:
Received: June 16, 2024
Accepted: August 17, 2024
Published: Jan 4, 2025

Keywords:
Ultrasound, ice cream, sensory acceptance, licorice root

ABSTRACT

Background: Ice cream is the most popular product in the category of dairy desserts, and high consumption of sucrose causes cardiovascular diseases, obesity, and diabetes. By replacing sucrose with licorice extract, these problems can be reduced and a healthy and safe product can be produced.

Aims: The purpose of this study is to Extraction of licorice extract by ultrasonic method and finding suitable concentration of licorice extract powder for use in ice cream formulation to reduce sucrose was investigated.

Methods: Different concentrations of licorice extract (0.5, 1, 1.25, 1.5, 1.75, and 2%) were added to ice cream along with sugar, and the physicochemical characteristics of ice cream included pH, specific gravity, viscosity, Overrun, Total solid matter, time of first melting drop, colorimetry and sensory evaluation were investigated.

Results: The physicochemical characteristics of ice cream showed that by substituting licorice in ice cream, the pH level decreased significantly ($P < 0.05$). substitution up to a concentration of 1.5% led to a decrease in viscosity and total solids. Also, the treatment containing 2% licorice with the highest Overrun (42.60%) had the longest time for the first melting drop (11 minutes). With the increase of licorice concentration, the brightness index decreased and the a^* , and b^* values of the samples increased. Also, according to the evaluators, the ice cream containing 1% licorice had a higher sensory acceptance.

Conclusion: In general, the results of this study showed that up to 1% concentration of licorice extract can be chosen as a substitute for sucrose in ice cream.



Extended Abstract

Introduction: Ice cream is the most popular dessert in the category of dairy products. The definition of ice cream varies from country to country (Goff et al., 2013). According to the definition of Iranian National Standard No. 2450, ice cream is a nutritious product that is prepared by freezing and aerating a homogeneous and pasteurized mixture of ingredients such as milk, fat, sugar, additives, and other optional ingredients in order to increase the quality and nutritional value of ice cream. The desired sweetness of ice cream is approximately equivalent to 13 to 16% of sucrose in the composition of 36 to 38% of total solids. Different types of sugar do not have the same sweetness, sweetness cannot be precisely defined and measured (Goff et al., 2013). High sucrose consumption causes cardiovascular diseases, obesity, and diabetes (Ozdemir et al., 2015). Therefore, much effort has been focused on using natural sweeteners in ice cream production (Alizadeh et al., 2014). Sugar plays many roles in food. Its most obvious function is sweet sugar, but it also helps improve flavor performance and affects mouthfeel and textural properties. All sweeteners can be used only as partial replacements for sugar since complete replacement significantly changes the structural properties (Goff et al., 2013). The genus *Glycyrrhiza* is a well-known traditional medicinal plant that grows in several regions of the world. The stolons and roots of these plants have been used in traditional medicine for more than 4000 years. Rhizomes and roots are the most important medicinal parts of licorice, which have been reported alone or in combination with other plants to treat many gastrointestinal disorders (such as peptic ulcer, hyperplasia, flatulence and colic), respiratory disorders such as cough, asthma, tonsillitis, and It is used for sore throat, epilepsy, fever, impotence, paralysis, rheumatism, leukorrhea, psoriasis, prostate cancer, malaria, bleeding diseases and (Öztürk et al., 2018). Licorice is mainly used as a sweetener because it is 50 times sweeter than sucrose and also has medicinal properties (Bahmani et al., 2015).

Licorice is widely used in the food industry as a sweetener, flavor enhancer, and flavor modifier. Therefore, licorice extract is usually used in sweet foods such as sweet snacks, ice cream and syrup to increase their sweetness (Alfaumi et al., 2020).

Material and methods: The dried licorice root was cut into small pieces (1-0.5 cm in diameter and 1-0.5 cm in length). The dried roots were ground using a laboratory mill and after passing through a sieve (mesh 35) they were stored in polyethylene bags at -18°C (Shabkhiz et al., 2016). For the preparation of extract, 25 grams of powdered licorice root mixed with 50% (v/v) ethanol-water solvent at a ratio of 1:5 and subjected to 37 kHz ultrasound waves for 30 minutes at a temperature of 45°C and after filtering with Whatman No. 1 paper, then the solution was evaporated at 45°C in an oven and after freeze drying, the resulting powder was homogenized and stored in a dark container at -18°C until the experiments were carried out and For the preparation of different licorice extracts (0.5, 1, 1.25, 1.5, 1.75, and 2%) was used as a substitute for sucrose in ice cream formulation. Ice cream formulation based on 7% fat, sweetness equivalent to 15% sucrose (mixture of sucrose and licorice extract), 9% dry matter fat-free milk, 0.1% vanilla, and 0.3% salep, treatment, and control samples are prepared. For the preparation of ice cream First, the milk was heated to a temperature of 40-45 degrees Celsius, then the milk and cream were homogenized for one minute, sucrose was added to the mixture along with other dry components including licorice, milk powder, salep and mixed for 5 minutes with a mechanical stirrer at 70 rpm. The resulting mixture was pasteurized for 30 minutes at 70°C in a bain-marie and finally cooled to 5°C with the help of antifreeze (ice and salt). Then, the Aging stage was carried out at a temperature of 4-6 degrees Celsius in a refrigerator for 24 hours. Vanilla was also added to the mixture and the mixture was frozen in a non-continuous ice cream maker (Cuisinart, USA) for 30 minutes at a temperature of -4 degrees and the

physicochemical characteristics of ice cream including pH, specific gravity, viscosity, Overrun, Dry matter, time of first melting drop, colorimetric and sensory evaluation were investigated.

Results and discussion: The physicochemical characteristics of ice cream showed that by adding different concentrations of licorice (0.5, 1, 1.25, 1.5, 1.75, and 2%) along with sucrose in ice cream, the pH of the samples decreased significantly and the lowest pH in the sample containing 2% licorice was observed (6.38). The reason for the decrease in pH can be attributed to the acidic compounds in licorice such as saponin. By increasing the licorice extract concentration to 1.5%, the viscosity decreased significantly ($P<0.05$). The highest viscosity was related to the control treatment (1238 cp) and the lowest viscosity was related to the treatment containing 1.5% extract (cp 377.93). By increasing the licorice concentration up to 1.5% levels, there was a significant decrease in the specific gravity of the treatments, and by increasing the amount of extract at higher levels, the specific gravity increased significantly. Thus, the highest amount of specific gravity was observed in the concentration of 2% licorice (1.11). Also, With the increase of licorice concentration, the increase in volume in the treatments increased significantly, so that the treatment containing 2% licorice with Overrun (42.60%) caused a significant increase in ice cream volume. Because licorice root is a rich source of saponins, and foam formation is one of the prominent properties of saponins, and it can be said that the lipophilicity-hydrophilicity of saponins is responsible for foam formation. Levels of 0.5 to 1.25% licorice decrease the time of the first drop of melting and increase the speed of melting, and then by increasing the concentration of licorice extract at levels of 1.5 to 2%, the speed of melting decreased significantly, so that the treatment containing 2% licorice, the time of first melting drop (11 minutes) was equivalent to the control treatment ($P<0.05$). The highest amount of dry matter was seen in the control treatment (35.82) and with increasing the concentration

of the extract up to 1.5%, the amount of dry matter in the samples decreased significantly ($P<0.05$) and with increasing the concentration of more than 1.5% of licorice extract powder, the amount of dry matter has shown an increasing trend. With increasing licorice extract concentration, brightness indices decreased. Thus, the highest level of brightness index belongs to the control treatment (73.85) and the lowest level of brightness index is related to the treatment with 2% licorice extract (47.59). It was also observed that with the increase of licorice percentage in the ice cream formulation, the highest amount of yellow/blue index was related to the treatment of 2% licorice (21.26) that these changes can be related to the presence of the predominant yellow (brownish) color of licorice extract. Also, with increasing concentration of licorice, (a^*) it increased, so that 2% licorice treatment had the highest amount of redness (7.15). Also, in terms of sensory characteristics, high licorice concentrations scored very low and the reason was the bitter aftertaste of this extract. Among the different concentrations of this extract, 1% concentration of licorice extract was chosen to add to ice cream.

Conclusion: The results demonstrated that the addition of different concentrations of licorice with sucrose in the ice cream formulation, significantly reduced the pH, first melting drop, and dry matter in different samples, as well as with the replacement of licorice up to 1.5% viscosity and specific gravity were reduced, and increase of overrun was observed. With the increase of licorice, the brightness index decreased, and a^* , b^* increased. in terms of sensory characteristics, a very low score can be considered for ice cream containing licorice, and the reason for this is the bitter taste of this extract. Among the different concentrations of extract, 1% licorice extract was selected to add to ice cream and prepare a healthy and safe product. In general, considering the nativeness of the licorice plant and its food and medicinal use since ancient times in our country, this review can be an introduction to the practical use of this extract in dairy food products, especially ice cream, so

that the possibility of using an available and affordable source is provided and also leads to the production of food products with new taste characteristics, which will ultimately be a step towards improving the health and safety of society.

بررسی تاثیر ساکارز با سطح مناسب شیرین بیان به عنوان شیرین کننده بومی ایرانی بر کیفیت بستنی نسترن خدادادی^۱، زینب رفتنی امیری^{۲*}، رضا اسماعیل زاده کناری^۲، سمیه رضایی ارمی^۳

^۱دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی

ساری، ایران

^۲استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

^۳دکترای صنایع غذایی، سازمان ملی استاندارد، بهشهر، ایران

✉ مسنول مکاتبه: z.raftani@sanru.ac.ir

چکیده

مشخصات مقاله

زمینه مطالعاتی: بستنی پرطرفدارترین محصول در رده دسرهای لبنی است و مصرف بالای ساکارز باعث بیماری‌های قلبی-عروقی، چاقی و دیابت می‌شود که با جایگزینی ساکارز با عصاره شیرین بیان می‌توان این مشکلات را کاهش داده و محصولی سالم و ایمن تولید کرد.

هدف: استخراج عصاره شیرین بیان به روش فراصوت و یافتن غلظت مناسبی از پودر عصاره شیرین بیان برای استفاده در فرمولاسیون بستنی به منظور کاهش ساکارز، مورد بررسی قرار گرفت. روش کار: غلظت‌های مختلف عصاره شیرین بیان (۰/۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۵، ۱/۷۵ و ۲٪) همراه با شکر به بستنی افزوده شد و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی بستنی شامل pH، وزن مخصوص، ویسکوزیته، ضریب افزایش حجم، ماده جامد کل، زمان اولین قطره ذوب، رنگ سنجی و ارزیابی حسی مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج: ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی بستنی نشان داد با جایگزینی شیرین بیان در بستنی میزان pH بطور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0.05$). جایگزینی تا غلظت ۱/۵ درصد منجر به کاهش ویسکوزیته و مواد جامد کل شد. همچنین تیمار حاوی ۲٪ شیرین بیان با دارا بودن بالاترین میزان ضریب افزایش حجم (۴۲٪/۶۰) دارای طولانی‌ترین زمان اولین قطره ذوب (۱۱ دقیقه) بود. با افزایش غلظت شیرین بیان، شاخص روشنائی کاهش یافت و مقادیر a^* ، b^* نمونه‌ها افزایش یافت. همچنین بستنی حاوی ۱٪ شیرین بیان از دید ارزیابان دارای پذیرش حسی بالاتری بود.

نتیجه‌گیری نهایی: میتوان تا غلظت ۱٪ عصاره شیرین بیان را برای جایگزینی ساکارز در بستنی مطلوب انتخاب کرد.

نوع مقاله:

علمی پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۳/۳/۲۷

پذیرش: ۱۴۰۳/۵/۲۷

انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵

کلید واژگان:

اولتراسوند، بستنی، پذیرش حسی، ریشه شیرین بیان

مقدمه

بطور کلی بستنی به‌عنوان مخلوط منجمد شیر، محصولات لبنی و شکر تعریف می‌شود که به‌عنوان یکی از محبوب‌ترین دسرهای در جهان شناخته می‌شود (لوپز و همکاران ۲۰۲۱). نقش اصلی شیرین‌کننده‌ها، شیرین کردن محصول است که موجب افزایش استقبال مصرف‌کننده می‌شود (گاف و همکاران ۲۰۱۳). شیرین‌کننده‌ها به‌دلیل تاثیر بر نقطه انجماد، ویسکوزیته و حفظ بافت خوب، عامل بسیار مهمی در پذیرش مصرف‌کننده می‌باشد (علیزاده و همکاران ۲۰۱۴). شیرینی مورد نظر بستنی تقریباً معادل ۱۳ تا ۱۶ درصد ساکارز در ترکیب ۳۶ تا ۳۸ درصد کل مواد جامد است (گاف و همکاران ۲۰۱۳). تحقیقات نشان داده است میزان مصرف بالای ساکارز باعث بیماری‌های قلبی-عروقی، چاقی و دیابت می‌شود (ازدمیر و همکاران ۲۰۱۵). بنابراین در دهه‌های اخیر پیشنهاد شده است که شیرین‌کننده‌های مصنوعی، جایگزین ساکارز شوند، اگرچه این ترکیبات محصولاتی با کالری کم یا بدون کالری تولید می‌کنند اما مسائل سلامتی مختلفی از جمله سرطان‌زایی، ناهنجاری‌زایی و تداخل با برخی بیماری‌های متابولیکی یا قلبی-عروقی را سبب می‌شود، بنابراین تلاش زیادی برای استفاده از شیرین‌کننده‌های طبیعی در تولید بستنی متمرکز شده است (علیزاده و همکاران ۲۰۱۴). شیرین‌بیان با نام علمی گلیسیریزا گلابرا *Glycyrrhiza glabra* L و نام انگلیسی آن لیکوریس^۱ و نام عربی آن شجره السوس و عرق السوس می‌باشد (خان احمدی و همکاران ۱۳۹۲). گلیسیریزا گلابرا یک نام یونانی است و از دو واژه گلیکیس^۲ به معنی شیرین و ریزا^۳ به معنی ریشه مشتق شده است. استولون و ریشه این گیاه بیش از ۴۰۰ سال است که در طب سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و از آن به‌عنوان پدربزرگ گیاهان یاد می‌شود (اوزتورک و همکاران ۲۰۱۸). شیرین‌بیان بطور گسترده‌ای در صنایع غذایی به‌عنوان عامل شیرین‌کننده، تقویت‌کننده طعم و اصلاح‌کننده طعم کاربرد دارد. بنابراین، معمولاً از عصاره شیرین‌بیان در غذاهای شیرین مانند تنقلات شیرین، بستنی و شربت در کشورهای غربی برای افزایش

شیرینی آن‌ها استفاده می‌شود (آلفاومی و همکاران ۲۰۲۰). عمدتاً از این ماده به‌عنوان شیرین‌کننده استفاده می‌شود، زیرا ۵۰ برابر شیرین‌تر از ساکارز بوده و همچنین دارای خواص دارویی است (بهمنی و همکاران ۲۰۱۵). عصاره ریشه شیرین‌بیان دارای اثرات مطلوب گوارشی مانند تنظیم حرکت دستگاه گوارش، فعالیت ضدزخم، محافظت از سلول‌های اپیتلیال معده است (لاهورت و همکاران ۲۰۱۷). گلیزیریک اسید یا گلیسیریزین اصلی‌ترین ترکیب فعال بیولوژیکی ریشه شیرین‌بیان است که دارای طعمی شیرین بوده و بصورت صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (مورک ۲۰۲۰). گلیسیریزین شیرینی طولانی مدت دارد و تقریباً ۲۰۰-۱۵۰ برابر شیرین‌تر از ساکارز است (هایاعلو و همکاران ۲۰۱۷).

هایاعلو و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی به بررسی تولید بستنی با طعم شیرین‌بیان پرداختند و چهار سطح شیرین‌بیان (۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲٪) به مخلوط اضافه شد و تیمار تهیه شده با نمونه کنترل (نمونه بدون عصاره) مقایسه شد. نتایج نشان داد که شیرین‌بیان ضریب افزایش حجم، رنگ و پذیرش کلی بستنی را بهبود بخشید و با در نظر گرفتن خواص فیزیکی، شیمیایی و حسی، افزودن شیرین‌بیان تا ۱/۵ درصد برای تولید بستنی مناسب بود (هایاعلو و همکاران ۲۰۱۷). آلفاومی و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی به بررسی اثر افزودن عصاره اتانولی شیرین‌بیان (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم آرد گندم) در تهیه پای پرداختند. نتایج نشان داد که حجم ویژه در ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم عصاره در ۱۰۰ گرم آرد نسبت به شاهد افزایش اندکی داشت. طعم، حجم و رنگ خرده پای‌ها با ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم عصاره شیرین‌بیان بهبود یافت. افزودن عصاره اتانولی شیرین‌بیان به میزان ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم با موفقیت عمر مفید میکروبیولوژیکی را در مقایسه با نمونه شاهد از ۶ روز تا ۱۲ روز افزایش داد (آلفاومی و همکاران ۲۰۲۰).

بستنی محبوب‌ترین دسر لبنی جهان است که مورد استقبال گروه‌های سنی مختلف از کودکان و نوجوانان تا افراد مسن قرار گرفته است. با این حال عوارض مختلف این محصول مانند

³ rhiza¹ Liquorice or Licorice² glykos

گرفت. سپس نمونه در خشک کن انجمادی، خشک شده و پودر شیرین بیان به کمک هاون و بوته چینی یکدست شد و تا انجام آزمایشات در ظروف تیره در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد نگهداری شد (ساویز و همکاران ۲۰۱۵).

فرمولاسیون بستنی

فرمولاسیون بستنی بر پایه ۷ درصد چربی، شیرینی معادل ۱۵ درصد ساکارز (مخلوط ساکارز و پودر عصاره شیرین بیان)، ۹ درصد ماده خشک بدون چربی شیر، ۰/۱ درصد وانیل، ۰/۳ درصد ثعلب، نمونه های تیمار و شاهد تهیه شد.

روش تهیه بستنی

بعد از توزین مواد اولیه ابتدا شیر تا دمای ۴۵-۴۰ درجه سانتی گراد گرم شد، سپس شیر و خامه با همزن دستی بمدت یک دقیقه یکنواخت گردیدند، ساکارز به همراه سایر اجزای خشک شامل شیرین بیان، پودر شیر خشک و ثعلب به مخلوط افزوده شده و بمدت ۵ دقیقه با همزن مکانیکی (پارس آزما ساخت ایران) با ۷۰ rpm همزده شدند. مخلوط حاصله بمدت ۳۰ دقیقه در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در بن ماری پاستوریزه و در نهایت به کمک ماده سرمازا (یخ و نمک) تا دمای ۵ درجه سانتی گراد خنک گردید. سپس مرحله رساندن در دمای ۶-۴ درجه سانتی گراد در دمای یخچال بمدت ۲۴ ساعت طی کرد. وانیل نیز به مخلوط اضافه شد و مخلوط در دستگاه بستنی ساز غیرمداوم (Cuisinart ساخت آمریکا) بمدت ۳۰ دقیقه مرحله انجماد را در دمای ۴- درجه گذراند و در نهایت بستنی نرم در ظروف پلاستیکی درب دار از جنس پلی اتیلن بسته بندی شد تا بمدت ۲۴ ساعت مرحله سخت شدن را در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتی گراد سپری کند. بستنی آماده شده تا انجام آزمایشات در این دما باقی ماند (غیبی و همکاران ۱۳۹۶). تیمارهای بستنی حاوی پودر عصاره شیرین بیان در سطوح (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۵، ۱/۷۵، ۲٪) در جدول ۱ ذکر شده است.

چاقی، دیابت و پوسیدگی دندان که با حضور ساکارز در بستنی ارتباط دارد، مصرف آن را با مشکل مواجه کرده است. بنابراین براساس مطالعات انجام شده، عصاره شیرین بیان برای افزودن به بستنی و کاهش درصدی از ساکارز انتخاب شد. مصرف شیرین بیان به عنوان شیرین کننده ای طبیعی و ایمن که بومی کشورمان است در فرمولاسیون بستنی مورد بررسی قرار گرفت تا بتوان از اثرات سلامت بخشی فراوان آن همچون درمان سرطان و بسیاری از اختلالات دستگاه گوارش (مانند زخم معده) و دستگاه تنفس (مانند سرفه، آسم و گلودرد) در بستنی استفاده کرد.

مواد و روش ها

در این پژوهش شیر استریلیزه و هموژنیزه (۳ درصد چربی) و خامه استریلیزه و هموژنیزه (۳۰ درصد چربی) از شرکت لبنی کاله آمل و شکر از شرکت برلیان تهران خریداری شد. شیر خشک بدون چربی و ثعلب از شرکت رویسا قائم شهر و ریشه شیرین بیان از عطاری پارسیان مازندران، قائم شهر خریداری شد.

تهیه عصاره شیرین بیان

ریشه خشک شده شیرین بیان وارپته ویولاسه (*G. glabra var B.violacea Bioss*) از عطاری تهیه شد و به قطعات کوچک (قطر ۱-۰/۵ سانتی متر و طول ۱-۰/۵ سانتی متر) بریده شد. ریشه خشک شده با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی آسیاب شده و پس از عبور از الک (مش ۳۵) در کیسه های پلی اتیلن در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد نگهداری شدند (شبخیز و همکاران ۲۰۱۶). ۲۵ گرم از ریشه پودر شده شیرین بیان با نسبت ۵:۱ حلال اتانول-آب ۵۰ درصد (v/v) مخلوط و در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد، تحت تاثیر امواج فراصوت حمام اولتراسونیک، ساخت کشور آلمان از کمپانی الما (Elmasonic S 30 H) با فرکانس ۳۷ کیلوهرتز، به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت و پس از صاف کردن با کاغذ واتمن شماره ۱ به منظور تبخیر حلال در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد در آون (Memert UF110) قرار

Table 1- Ice cream treatments containing different licorice concentrations

Matter	Control	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Milk (%)	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5
Cream (%)	18	18	18	18	18	18	18
Skim Milk (%)	9	9	9	9	9	9	9
Salep (%)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Emulsifier (%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Vanilla (%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Sucrose (%)	15	14.5	14	13.75	13.5	13.25	13
Licorice (%)	0	0.5	1	1.25	1.5	1.75	2
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100

T₁ : (Licorice extract 0.5%), T₂ : (Licorice extract 1%) ، T₃ : (Licorice extract 1.25%) ، T₄ : (Licorice extract 1.5%) ، T₅ : (Licorice extract 1.75%) ، T₆ : (Licorice extract 2%)

آزمایشات مخلوط بستنی

pH

برای اندازه‌گیری pH در آمیخته، از pH متر رومیزی (Sartorius, PB-11) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد استفاده شد (صفری و همکاران ۲۰۲۲).

ویسکوزیته

ویسکوزیته آمیخته بستنی توسط ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (+ProDV-) ساخت آمریکا) در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (تیواری و همکاران ۲۰۱۵). پس از انجام آزمایشات مقدماتی، اسپیندل ۶۳ به‌عنوان مناسب‌ترین اسپیندل انتخاب شد (با توجه به دستورالعمل شرکت سازنده، اسپیندل مناسب جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته، اسپیندلی است که در سرعت مورد نظر گشتاوری بالاتر از ۱۰ درصد را نشان دهد).

وزن مخصوص

وزن مخصوص به روش پیکنومتری در دمای ۲۵ درجه روی مخلوط بستنی و بعد از مرحله رساندن انجام گرفت. روش کار به این صورت بود که وزن پیکنومتر خشک و خالی (G)، وزن پیکنومتر همراه آب مقطر (G₁) و وزن پیکنومتر به همراه نمونه (G₂) را اندازه گرفته و وزن مخصوص با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (بهرام پرور و همکاران ۱۳۸۷ و گاف و همکاران ۲۰۱۳).

رابطه (۱)

$$\text{وزن مخصوص} = \frac{G_2 - G}{G_1 - G}$$

آزمایشات بستنی

ضریب افزایش حجم (اورران)

برای تعیین درصد اورران، ابتدا وزن مخلوط بستنی، پس از زمان رساندن در حجمی مشخص (۵ میلی‌لیتر) اندازه‌گیری شد. سپس مخلوط بستنی به مدت ۲۰ دقیقه درون دستگاه بستنی‌ساز قرار گرفته تا عمل انجماد و هوادهی انجام گرفت و ضریب افزایش حجم با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید (گرمسکی و همکاران ۲۰۱۹).

رابطه (۲)

$$\text{اورران} (\%) = \frac{(\text{وزن 5 میلی لیتر بستنی}) - (\text{وزن 5 میلی لیتر مخلوط})}{(\text{وزن 5 میلی لیتر بستنی})} \times 100$$

تعیین مواد جامد کل

نمونه‌های بستنی ۳ روز بعد از نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد مورد آزمون قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری مواد جامد ابتدا درجه حرارت نمونه‌ها به 20 ± 2 درجه سانتی‌گراد رسانده شد و نمونه‌ها کاملاً همگن گردیدند. ظروف مخصوص نمونه که از قبل به مدت ۳۰ دقیقه در آون ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس ۲/۵ تا ۳ گرم از هر یک از نمونه‌ها در ظروف افزوده شدند. سپس ظروف حاوی نمونه در آون 2 ± 102 درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت قرار گرفتند و پس از سرد شدن در دسیکاتور، محاسبه درصد ماده خشک نمونه‌ها طبق رابطه (۳) انجام شد (هاشمی و همکاران ۲۰۱۵).

رابطه (۳)

$$\text{درصد ماده خشک} = \frac{W_2 - W_1}{P} \times 100$$

W_1 = وزن پلیت

W_2 = وزن پلیت + ماده خشک

P = وزن نمونه

زمان اولین قطره ذوب

مقدار ۳۰ گرم از نمونه بستنی، روی توری فلزی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، در داخل انکوباتور قرار گرفت و زمان اولین قطره ذوب یادداشت شد (محمدزاده و همکاران ۲۰۲۰).

ارزیابی رنگ

رنگ نمونه با استفاده از (IMG Pardazesh) اندازه گیری شد. مقادیر L ، a و b ثبت شد. L نشان دهنده روشنایی در مقیاس ۱۰۰-۰ از سفید به سیاه، a قرمزی (+) تا سبز (-) و b زرد (+) تا آبی (-) می باشد (گرگیان و همکاران ۲۰۲۱).

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه ها بعد از نگهداری تیمارهای بستنی در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد و با آزمون هدونیک ۵ نقطه ای توسط ۱۲ داور (۷ زن و ۵ مرد) مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه های تولیدی از نظر بو و مزه، بافت و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند. امتیاز ۵ به نمونه عالی، امتیاز ۴ به نمونه خوب، امتیاز ۳ به نمونه متوسط، امتیاز ۲ به نمونه بد و امتیاز ۱ به نمونه بسیار بد داده شد (دورماز و همکاران ۲۰۲۰).

تجزیه و تحلیل آماری

داده های حاصل در طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار (SPSS 26) انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل نسخه ۲۰۱۶ استفاده شد. تفاوت های معنی دار با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) تعیین شد. متغیرهای مورد بررسی افزودن شیرین بیان در فرمولاسیون بستنی در سطوح (۰/۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۵ و ۱/۷۵ و ۲ درصد) بودند.

نتایج و بحث

نتایج مخلوط بستنی

pH

میزان pH نمونه ها با افزودن غلظت های مختلف شیرین بیان اندازه گیری شد. طبق نتایج جدول ۲ با افزایش غلظت های مختلف شیرین بیان، pH نمونه بطور معنی داری کاهش یافت و بیشترین میزان pH (۶/۴۵) مربوط به تیمار شاهد (بستنی بدون شیرین بیان) و کمترین میزان pH (۶/۳۸) مربوط به تیمار حاوی ۲٪ عصاره شیرین بیان بود. دلیل این کاهش را می توان به ترکیبات اسیدی موجود در شیرین بیان مانند اسیدهای آمینه، اسید آسکوربیک و ساپونین نسبت داد. خسروی و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی اثر شیرین بیان بر کوکی بدون گلوتن پرداختند و کاهش pH را در پی افزودن شیرین بیان گزارش نمودند و دلیل آن را pH پایین پودر شیرین بیان که در محدوده ۵-۵/۷ می باشد، دانستند (خسروی و همکاران ۲۰۲۱).

پارک و لی (۲۰۱۴) در پژوهشی در مورد اثر پودر شیرین بیان بر خواص فیزیکی و شیمیایی نوعی کیک انجام گرفت نیز کاهش pH را با افزایش درصد شیرین بیان گزارش کردند (پارک و لی ۲۰۱۴) که با نتایج بدست آمده مطابقت دارد.

ویسکوزیته

طبق نتایج جدول ۲ با افزایش غلظت عصاره شیرین بیان تا ۱/۵ درصد، میزان ویسکوزیته بطور معنی داری کاهش یافت ($P < 0.05$). بیشترین میزان ویسکوزیته مربوط به تیمار شاهد (۱۲۳۸ cp) و کمترین میزان ویسکوزیته مربوط به تیمار حاوی ۱/۵٪ عصاره (۳۷۷/۹۳ cp) بود. هایاعلو و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش کردند که افزودن شیرین بیان تا ۰/۵٪ موجب کاهش ویسکوزیته و سپس با افزایش میزان عصاره تا سطوح ۲ درصد، ویسکوزیته روند افزایشی نشان می دهد و دلیل آن را افزایش ویسکوزیته در نتیجه افزایش ظرفیت نگهداری آب در عصاره شیرین بیان دانستند (هایاعلو و همکاران ۲۰۱۷). که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. عارفی و کاراژیان (۲۰۱۹) نیز به بررسی اثر جایگزینی سفیده تخم مرغ با شیرین بیان در موس پرداختند و بیان کردند، با افزایش غلظت شیرین بیان در سطوح بالا ویسکوزیته افزایش می یابد. زیرا ریشه شیرین بیان حاوی صمغ است و صمغ با جذب آب و درگیر کردن آن در شبکه ژلی تشکیل شده باعث افزایش ویسکوزیته می شود (عارفی و

کاراژیان ۲۰۱۹). نتایج بدست آمده در توافق با گزارشات بررسی شده بود.

وزن مخصوص

وزن مخصوص به ترکیبات تشکیل دهنده مخلوط بستگی دارد (اسدی‌نژاد و همکاران ۲۰۰۵). از نتایج مندرج در جدول ۲ می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که با افزایش غلظت شیرین‌بیان تا سطوح ۱/۵٪ کاهش معنی‌داری در وزن مخصوص تیمارها

ایجاد شده و با افزایش میزان عصاره در سطوح بالاتر وزن مخصوص بطور معنی‌داری افزایش یافت. بطوریکه بالاترین میزان وزن مخصوص در غلظت ۲٪ شیرین‌بیان (۱/۱۱) و کمترین میزان این شاخص در غلظت ۱/۵٪ شیرین‌بیان (۱/۰۹) مشاهده شد. با توجه به تغییرات صورت گرفته در فرمولاسیون بستنی، وزن مخصوص در محدوده تعریف شده استاندارد که مقدار آن بین ۱/۰۵۴۴ - ۱/۱۲۳۲ می‌باشد، دیده شد (شعانی و همکاران ۲۰۲۲).

Table 2- Amount and deviation of chemical composition characteristics in ice cream mixture containing licorice extract powder

specific gravity	Viscosity (cp)	pH	Treatment
1.10 ± 0.00 ^{bc}	1238 ± 3.46 ^a	6.45 ± 0.05 ^a	control
1.10 ± 0.01 ^{bc}	519.53 ± 2.75 ^e	6.44 ± 0.00 ^b	T1
1.10 ± 0.05 ^{cd}	563.70 ± 2.76 ^d	6.42 ± 0.02 ^c	T2
1.09 ± 0.00 ^{cd}	454.78 ± 1.87 ^f	6.42 ± 0.05 ^c	T3
1.09 ± 0.05 ^d	377.93 ± 0.23 ^g	6.40 ± 0.05 ^d	T4
1.11 ± 0.05 ^{ab}	625.33 ± 1.67 ^c	6.38 ± 0.00 ^e	T5
1.11 ± 0.00 ^a	656.20 ± 4.40 ^b	6.38 ± 0.01 ^e	T6

The letters shown in each column indicate a statistically significant difference ($P < 0.05$) among the treatments

نتایج آزمون‌های بستنی

ضریب افزایش حجم (اورران)

با توجه به نتایج بدست آمده، با افزایش غلظت شیرین‌بیان، افزایش حجم در تیمارها بطور معنی‌داری افزایش یافت بطوریکه تیمار حاوی ۲٪ شیرین‌بیان با اورران (۴۲/۶۰٪) افزایش حجم چشمگیری در بستنی ایجاد کرد. زیرا ریشه شیرین‌بیان منبعی سرشار از ساپونین‌ها است و تشکیل کف یکی از خواص بارز ساپونین‌ها بوده و می‌توان گفت ویژگی چربی دوستی-آبدوستی ساپونین‌ها مسئول تشکیل کف است. ایباناغلو و ایباناغلو در سال (۲۰۰۰) رفتار کف زایی شیرین‌بیان را مورد بررسی قرار دادند و نتایج را این گونه گزارش کردند که غلظت اثر قابل توجهی بر افزایش حجم و پایداری کف دارد و با افزایش غلظت شیرین‌بیان، اورران افزایش می‌یابد (ایباناغلو و ایباناغلو ۲۰۰). اورران در بستنی‌های بسیار مرغوب (چربی ۱۸٪- ساکارز ۱۸٪- جامدات کل بیش از ۴۰٪) بین ۲۵ تا ۵۰ درصد گزارش شده است (برازق و تهرانی ۱۳۹۰) که نتایج بدست آمده در این رنج می‌باشد. هایاغلو و همکاران (۲۰۱۷)

نیز گزارش کردند که افزودن شیرین‌بیان تا ۲٪، حجم بستنی را تقریباً دو برابر می‌کند (هایاغلو و همکاران ۲۰۱۷).

زمان اولین قطره ذوب

با توجه به نتایج این پژوهش، سطوح ۰/۵ تا ۱/۲۵٪ شیرین‌بیان موجب کاهش زمان اولین قطره ذوب و افزایش سرعت ذوب می‌شود و سپس با افزایش غلظت عصاره شیرین‌بیان در سطوح ۱/۵ تا ۲٪، سرعت ذوب بطور معنی‌داری کاهش یافت بطوریکه تیمار حاوی ۲٪ شیرین‌بیان، زمان اولین قطره ذوب (۱۱ دقیقه) و معادل با تیمار کنترل بود ($P < 0.05$). گزارشات متعددی در توافق با نتایج بدست آمده بیان کردند که بستنی با افزایش حجم بیشتر، دیرتر ذوب شده و درصد مقاومت به ذوب بالاتری دارد و این سرعت پایین ذوب در بستنی‌هایی با اورران بالا را به سرعت پایین انتقال حرارت ناشی از حجم زیاد هوا مربوط دانستند (یو و همکاران ۲۰۱۹ و وارن و هارتل ۲۰۱۸ و ساکوری ۱۹۹۶).

ماده جامد کل

میزان ماده‌ی خشک با غلظت‌های مختلف شیرین بیان اندازه‌گیری و نتایج بدست آمده در جدول ۳ درج شد. طبق نتایج حاصله بالاترین میزان ماده خشک در تیمار شاهد (۳۵/۸۲) دیده شد و با افزایش غلظت عصاره تا ۱/۵٪، میزان ماده خشک نمونه‌ها کاهش معنی‌داری یافت ($P < 0.05$). که احتمالاً بدلیل ظرفیت بالای نگهداری آب شیرین بیان است و با افزایش غلظت بیش از ۱/۵٪ پودر عصاره شیرین بیان، میزان

ماده خشک روند افزایشی را نشان داده است. نتایج بدست آمده با پژوهش هایاعلو و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی داشت، آن‌ها میزان ماده خشک بستنی حاوی عصاره شیرین بیان را ۳۴/۳۸ تا ۳۶/۳۹ گزارش کردند (هایاعلو و همکاران ۲۰۱۷). مصطفوی و همکاران (۱۳۹۳) مقدار ماده خشک نمونه‌های بستنی را بین ۳۱/۶۹ تا ۴۴/۹۴ درصد گزارش کردند و همچنین آن‌ها رابطه مستقیمی میان ماده خشک و ویسکوزیته را اعلام کردند (مصطفوی و همکاران ۱۳۹۳).

Table 3- Average and standard deviation of physicochemical parameters in ice creams containing licorice extract powder

Dry Matter (%)	First Dripping Time (Second)	Overrun (%)	Treatment
35.82 ± 0.33^a	635 ± 5.00^a	24.66 ± 0.11^g	control
33.76 ± 0.38^c	400 ± 20.54^e	25.90 ± 0.17^f	T1
33.25 ± 0.46^d	433.70 ± 12.27^d	30.12 ± 0.10^e	T2
33.20 ± 0.06^e	391.26 ± 11.15^e	33.43 ± 0.46^d	T3
32.10 ± 0.00^e	556.60 ± 15.23^c	36.56 ± 0.05^c	T4
34.05 ± 0.02^{bc}	592.33 ± 6.80^b	39.00 ± 0.17^b	T5
34.19 ± 0.01^b	660.00 ± 19.00^a	42.60 ± 0.00^a	T6

The letters shown in each column indicate a statistically significant difference ($P < 0.05$) among the treatments

ارزیابی رنگ

طبق نتایج آزمون رنگ سنجی در جدول ۴ می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری کرد. افزایش غلظت عصاره شیرین بیان در فرمولاسیون بستنی بطور معنی‌داری باعث کاهش روشنایی تیمارهای بستنی گردیده است بطوریکه بالاترین میزان شاخص روشنایی متعلق به تیمار شاهد (۷۳/۸۵) و کمترین میزان شاخص روشنایی نیز متعلق به تیمار با میزان ۲ درصد عصاره شیرین بیان (۴۷/۵۹) بود. همچنین ملاحظه گردید که

با افزایش درصد شیرین بیان در فرمولاسیون بستنی بیشترین میزان شاخص زردی متعلق به تیمار ۲ درصد شیرین بیان (۲۱/۲۶) و کمترین میزان b (مولفه زردی) نیز متعلق به تیمار شاهد (۱۸/۴۱) بود. همچنین با افزایش درصد جایگزینی شیرین بیان میزان (مولفه قرمزی) افزایش یافت. بطوریکه تیمار ۲٪ شیرین بیان دارای بالاترین میزان قرمزی (۷/۱۵) بود.

Table 4- Colorimetry of ice cream treatments containing different concentrations of licorice

b*	a*	L*	Treatment
18.41 ± 1.65^b	-8.92 ± 2.94^e	73.85 ± 1.19^a	Control
18.80 ± 1.37^{ab}	-4.19 ± 0.81^d	69.95 ± 0.94^{ab}	T1
18.68 ± 0.59^{ab}	-3.26 ± 0.41^d	67.44 ± 0.41^{bc}	T2
18.77 ± 1.11^{ab}	-0.11 ± 3.07^{cd}	65.04 ± 1.93^c	T3
19.28 ± 2.47^{ab}	1.82 ± 4.10^{bc}	57.00 ± 4.86^d	T4
19.03 ± 0.52^{ab}	4.53 ± 0.74^{ab}	56.84 ± 2.44^d	T5
21.26 ± 1.01^a	7.15 ± 1.49^a	47.59 ± 2.37^e	T6

The letters shown in each column indicate a statistically significant difference ($P < 0.05$) among the treatment

ارزیابی حسی

طبق نتایج مندرج در جدول ۵ جایگزینی عصاره شیرین بیان بر خواص حسی بستنی موثر می‌باشد و بهترین تیمار از نظر رنگ، طعم و پذیرش کلی، تیمار ۱٪ شیرین بیان انتخاب شد. از میان تیمارهای حاوی عصاره شیرین بیان، کمترین امتیاز مربوط به طعم و پذیرش کلی به تیمار حاوی ۲٪ عصاره اختصاص داده شد زیرا پس طعم تلخ شیرین بیان از نظر ارزیابان موجب کاهش این پذیرش می‌شد. هایاعلو و همکاران (۲۰۱۷) میزان ۱/۵٪

شیرین بیان را برای افزودن به بستنی مناسب دانستند که احتمالا روش‌های متفاوت عصاره‌گیری موجب این تفاوت شد (هایاعلو و همکاران ۲۰۱۷). همچنین در گزارشات متعدد نیز میزان افزودن اسید گلیسرینیک در بستنی، در محدوده ۰/۵ تا ۱/۵ درصد گزارش شد (لاهورت و همکاران ۲۰۱۷ و هایاعلو و همکاران ۲۰۱۷). آلفاومی و همکاران (۲۰۲۰) نیز به تلخی حاصل از افزودن شیرین بیان به عنوان شیرین کننده در تافی اشاره کردند (آلفاومی و همکاران ۲۰۲۰).

Table 5- The results of sensory evaluation of ice cream treatments containing different licorice concentrations

overall acceptability	Texture	Color	Flavor	Odor	Treatment
4.50± 0.05 ^a	4.36± 0.28 ^a	4.16± 0.28 ^{bc}	4.16± 0.28 ^{ab}	3.83 ± 0.28 ^{bc}	control
4.16± 0.28 ^a	4.23± 2.28 ^a	2.50± 0.50 ^d	4.33± 0.28 ^{ab}	3.50 ± 0.20 ^{bc}	T1
4.83± 0.28 ^a	4.33± 0.57 ^a	4.33± 0.28 ^{bc}	4.83± 0.28 ^a	4.50 ± 0.50 ^a	T2
4.00± 0.50 ^a	4.16± 0.28 ^a	4.00± 3.28 ^c	3.83± 0.28 ^{bc}	4.23 ± 0.28 ^{ab}	T3
4.33 ± 0.57 ^a	3.33 ± 0.28 ^b	5.00 ± 0.10 ^a	3.16 ± 0.28 ^c	4.16 ± 0.46 ^{ab}	T4
3.16 ± 0.28 ^b	4.16 ± 0.76 ^a	4.83 ± 0.28 ^{ab}	2.61 ± 0.28 ^d	3.00 ± 0.28 ^c	T5
2.33 ± 0.57 ^c	4.00 ± 0.54 ^a	5.00 ± 5.00 ^a	1.00 ± 0.76 ^d	3.33± 3.28 ^{bc}	T6

The letters shown in each column indicate a statistically significant difference ($P < 0.05$) among the treatments.

نتیجه گیری

براساس نتایج بدست آمده از آنالیز آماری مشخص گردید که افزودن شیرین بیان در فرمولاسیون بستنی، موجب کاهش معنی دار، زمان اولین قطره ذوب و ماده جامد کل در نمونه‌های مختلف شد، همچنین با جایگزینی شیرین بیان تا غلظت ۱/۵٪ ویسکوزیته و وزن مخصوص کاهش یافت و به موازات افزایش غلظت شیرین بیان در تیمارهای مختلف بستنی افزایش اورران

مشاهده شد. با افزایش غلظت عصاره شیرین بیان، شاخص روشنایی کاهش یافت و مقادیر a^* ، b^* نمونه‌ها افزایش یافت که این تغییرات بدلیل رنگ زرد (مایل به قهوه‌ای) عصاره شیرین بیان بود. از نظر ویژگی‌های حسی نیز غلظت‌های بالای شیرین بیان امتیاز بسیار پایینی کسب نمودند و دلیل آن پس طعم تلخ این عصاره بود. در میان غلظت‌های مختلف این عصاره غلظت ۱٪ عصاره شیرین بیان برای افزودن به بستنی انتخاب شد.

References

- اسدی‌نژاد ش، حبیبی نجفی م، رضوی م و نصیری محلاتی م، ۱۳۸۳. تأثیر کنسانتره‌های پروتئین آب پنیر بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی وحسی بستنی، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱ (۴)، ۹۵-۱۰۶.
- بهرام‌پرور م، حداد خداپرست م ح و محمد امینی ا، ۱۳۸۷. بررسی تاثیر جایگزینی مقادیر مختلف صمغ های کربوکسی متیل سلولز و ثعلب با صمغ دانه بالنگو شیرازی بر خصوصیات بستنی سخت خامه ای، مجله پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، ۴ (۱)، ۳۸-۴۷.
- خان احمدی م، نقدی آبادی ح، آخوندزاده ش، خلیقی سیگارودی ف، مهرآفرین ع، شهریاری س و حاجی آقایی ر، ۱۳۹۲. مروری بر گیاه دارویی شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.). فصلنامه گیاهان دارویی، ۲ (۴۶)، ۱-۱۲.
- خسروی ا، مسعود نیاع و ضیاضیابری ف، ۱۴۰۰. بررسی اثر شیرین بیان بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی کوکی بدون گلو تن حاوی آرد ارزن و سویا، مجله علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۸ (۱۱۵)، ۳۷-۴۷.

- صفری ر، رفتنی امیری ز، ریحانی پول س و هادی غ، ۱۴۰۱. نانو ریزپوشانی فیکوسیائین استخراج شده از جلبک اسپیرولینا (*Spirulina platensis*) و استفاده از نانوذرات حاصل در فرمولاسیون بستنی، مجله علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۹ (۱۲۳)، ۱۴۵-۱۵۹.
- عارفی ه و کاراژیان ح، ۱۳۹۸. بررسی اثر جایگزینی سفیده تخم مرغ با شیرین بیان بر برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی موس، نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۵ (۱)، ۱۲۱-۱۳۱.
- غیبی ن، رفتنی امیری ز و محمدرضا ک، ۱۳۹۶. بررسی اثر استویا و اینولین بر روی ساختار، خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی رژیمی، مجله علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۴ (۶۳)، ۱-۱۴.
- گرجیان ه، رفتنی امیری ز، محمدزاده میلانی ج و غفاری خلیق ن، ۱۴۰۰. مقایسه تاثیر نگهدارنده های طبیعی (نانولیپوزوم و نانونیوزوم حاوی عصاره برگ مورد) و نگهدارنده شیمیایی بنزوات سدیم بر ویژگیهای فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی سس مایونز، مجله علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۸ (۱۱۶)، ۳۱۳-۳۲۵.
- محمدزاده و آرژه ا، معصومی د و خسروشاهی ا، ۱۳۹۹. بررسی تأثیر استویا و صمغ گوار بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماست منجمد حاوی کنسانتره پرتقال، مجله علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۷ (۱۰۱)، ۹۳-۱۰۱.
- مصطفوی ف س، مظاهری تهرانی م و محبی م، ۱۳۹۳. بهینه سازی فرمولاسیون بستنی وانیلی حاوی کنسانتره پروتئین شیر با استفاده از روش سطح پاسخ، مجله علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۱ (۴۴)، ۱۴۳-۱۵۴.
- میرچولی برازق ع و مظاهری تهرانی م، ۱۳۹۰. بررسی تاثیر جایگزینی مواد جامد کل بستنی با بادام بر ویژگی های فیزیکی و حسی آن، نوآوری در علوم و فناوری غذایی (علوم و فناوری غذایی)، ۳ (۱ پیایی ۷)، ۱۹-۲۶. <https://sid.ir/paper/176510/fa> SID.
- هاشمی م، قیصری ح و شکر فروش س ش، ۱۳۹۴. ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی بستنی های سین بیوتیک کم چرب یا کم شکر، بهداشت مواد غذایی، ۱۸ (۵)، ۷۱-۸۲.
- Alfauomy G A, Seleem H A and Ali M M, 2020. Evaluation of Pies Containing Licorice Roots (*Glycyrrhiza glabra* L.) Extracts. *Middle East J. Agric. Res*, 9, 545-557.
- Alizadeh M, Azizi-Lalabadi M and Kheirouri S, 2014. Impact of using stevia on physicochemical, sensory, rheology and glycemic index of soft ice cream. *Food and Nutrition Sciences* 05(04), 390-396.
- Bahmani M, Sarrafchi A, Shirzad H, Shahinfard N, Rafieian-Kopaei M, Shahsavari S, Baharvand-Ahmadi B, Taherikalani M and Ghafourian S, 2015. Pharmaceutical, phytochemical, and economical potentials of *Glycyrrhiza glabra* L: a review. *Journal of chemical and pharmaceutical sciences*, 8(4), 683-692.
- Durmaz Y, Kilicli M, Toker O S, Konar N, Palabiyik I and Tamtürk F, 2020. Using spray-dried microalgae in ice cream formulation as a natural colorant: Effect on physicochemical and functional properties. *Algal Research*, 47, 101811.
- El-Lahot A, El-Razek A, Amal M, Massoud M. I and Gomaa E, 2017. Utilization of glycyrrhizin and licorice extract as natural sweetener in some food products and biological impacts. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 8(3), 127-136.
- Goff H D and Hartel R W, 2013. Composition and formulations. *Ice cream*, 19-44.
- Gremski L A, Coelho A L K, Santos J S, Daguer H, Molognoni L, do Prado-Silva L, Sant'Ana A S, da Silva Rocha R, da Silva M C and Cruz A G, 2019. Antioxidants-rich ice cream containing herbal extracts and fructooligosaccharides: manufacture, functional and sensory properties. *Food Chemistry*, 298, 125098.
- Hayoglu İ, Çelik Ş, Turkoglu, H, Başyigit B and Ünver N, 2017. Effects of licorice on some selected properties of ice cream. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 45(3), 365-370.
- İbanoğlu E and İbanoğlu Ş, 2000. Foaming behaviour of liquorice (*Glycyrrhiza glabra*) extract. *Food Chemistry*, 70(3), 333-336.
- López-Martínez M I, Moreno-Fernández S and Miguel M, 2021. Development of functional ice cream with egg white hydrolysates. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 100334.
- Murck H, 2020. Symptomatic protective action of glycyrrhizin (licorice) in COVID-19 infection? *Frontiers in immunology*, 11, 1239.

- Ozdemir C, Arslaner A, Ozdemir S and Allahyari, M, 2015. The production of ice cream using stevia as a sweetener. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 7545-7548.
- Öztürk M, Altay V, Hakeem K R and Akçiçek, E, 2018. *Liquorice: from botany to phytochemistry*. Springer. Pp 5-17
- Park G H and Lee J H, 2014. The quality and antioxidant properties of pound cakes containing licorice powder. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 46(1), 56-60.
- Sakurai K, 1996. Effect of production conditions on ice cream melting resistance and hardness. *Milchwissenschaft-milk Science International*, 51, 451-454.
- Saviz A, Esmaeilzadeh Kenari R and Khalilzadeh Kelagar M, 2015. Investigation of cultivate zone and ultrasound on antioxidant activity of Fenugreek leaf extract. *J. Appl. Environ. Biol. Sci*, 4(11S), 174-181.
- Shabkhiz M A, Eikani M H, Sadr Z B and Golmohammad, F, 2016. Superheated water extraction of glycyrrhizic acid from licorice root. *Food Chemistry*, 210, 396-401.
- Shoaei S, Salehi E A and Najafi M N, 2022. The Effect Stevia and Qodume Shirazi Seed Gum (*Alyssum homolocarpum*) on the Physicochemical and Sensory Properties of Ice cream. *Journal of Innovation in food science and technology*, 14(54), 109-120.
- Tiwari A, Sharma H K, Kumar N and Kaur M, 2015. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of low-fat ice cream. *International Journal of Dairy Technology*, 68(3), 374-380.
- Warren M M and Hartel R W, 2018. Effects of emulsifier, overrun and dasher speed on ice cream microstructure and melting properties. *Journal of food science*, 83(3), 639-647.
- Wu B, Freire D O and Hartel R W, 2019. The effect of overrun, fat destabilization, and ice cream mix viscosity on entire meltdown behavior. *Journal of food science*, 84(9), 2562-2571.