

ارزیابی ویژگی‌های کیفی و حسی پاستیل گیاهی بر پایه پکتین و عصاره چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)

نفسه نصیرمسلم^۱، سارا جعفریان^{۲*}، لیلا روزبه نصیرایی^۲، مریم یوسف پور^۲

۱ دانشجوی دکتری واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران

۲ گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران

* مسئول مکاتبات

Email: Drsjafarian@yahoo.com

چکیده

هدف از این تحقیق، جایگزین کردن پکتین استحصال شده از کاسبرگ چای ترش با ژلاتین تجاری و استفاده از عصاره طبیعی کاسبرگ‌های گیاه چای ترش به عنوان منبع رنگ طبیعی و اسید خوراکی در تیمارهای پاستیل می باشد. از عصاره گیاه چای ترش به شکل وسیعی در صنایع غذایی و دارویی استفاده می‌شود. تیمارهای مورد مطالعه در این تحقیق در ۶ سطح به ترتیب ۶ گرم پکتین استخراجی از چای ترش +۰.۰٪ عصاره، ۶ گرم پکتین تجاری +۰.۴٪ عصاره، ۶ گرم پکتین استخراجی از چای ترش +۰.۲٪ عصاره، ۶ گرم پکتین تجاری +۰.۴٪ عصاره و ۶ گرم پکتین استخراجی از چای ترش +۰.۲٪ عصاره، ۶ گرم پکتین استخراجی از چای ترش +۰.۴٪ عصاره و ۶ گرم پکتین تجاری +۰.۰٪ عصاره انتخاب شدند. آزمون‌های اندازه‌گیری آنتوسیانین، ویتامین ث، ترکیبات فنلی، اسید فولیک، DPPH، آهن، بریکس، pH، فیبر و ماده خشک عصاره چای ترش با روش‌های استاندارد و ترکیبات فلانوییدی با استفاده از روش HPLC مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج به دست آمده در مورد پارامترهای کیفی نمونه‌های پاستیل تهیه شده از این قرار بود: بالاترین میزان ویتامین C، آنتوسیانین، ترکیبات فنل تام، FRAP و DPPH به ترتیب در تیمار ۵ (۶ گرم پکتین استخراجی از چای ترش +۰.۴٪ عصاره)، (۷۱/۲۰) میلی‌گرم برگرم، (۱/۸۹) درصد، (۱۵/۴۱) میلی‌گرم برگرم، (۵۳۹/۶۶) میلی‌مول برگرم و (۹۵/۴۹) درصد ثبت گردید. ترکیباتی همچون ویتامین ث و دیگر مشتقات فنولیک نقش به‌سزایی در مهار رادیکال‌های آزاد در گیاهان دارند و میتوان از خواص عصاره طبیعی آنها به صورت جایگزین نمونه‌های سنتزی بهره برد. طبق نتایج به دست آمده در آزمون رنگ سنجی بالاترین مقادیر L^* ، a^* و b^* به ترتیب در تیمار T2 (۶ گرم پکتین تجاری + 0.2% عصاره) (۱۱/۹۴)، T5 (۶ گرم پکتین استخراجی از چای ترش + 0.4% عصاره) (۴۰/۳۶) و T6 (۶ گرم پکتین تجاری + 0.4% عصاره) (۳۴/۴۵) گزارش شد. طبق نتایج

بافت‌سنجی بالاترین مقدار شاخص‌های سفتی، انسجام، انعطاف‌پذیری و چسبندگی به ترتیب در تیمارهای (۱۵۹/۸۸) T3، T5 (۲۱/۳۸)، T2 (۱/۱۹۰) و (۰/۵۸) مشاهده شد. در نهایت بهترین نتایج مربوط به شاخص‌های آزمون ارزیابی حسی رنگ تیمار T5 (۴/۶)، طعم تیمار T5 (۳/۶)، چسبندگی تیمار T6 (۴/۵)، قابلیت جویدن تیمار T3، T4 (۴/۶) و مقبولیت کلی تیمار T5 (۴/۶) بود. در مجموع طبق نتایج، تیمار ۰.۴ درصد عصاره چای ترش و ۶ گرم پکتین استخراجی از چای ترش از نظر آزمون‌های شیمیایی، فیزیکی و حسی بیشترین امتیاز را داشت.

کلمات کلیدی: پکتین، عصاره چای ترش، پاستیل، خواص آنتی‌اکسیدانی

۱- مقدمه

امروزه پیشرفت در فرآوری مواد غذایی به‌ویژه در حوزه شیرینی و شکلات منجر به تولید محصولات با کیفیت بالا گردیده است (۵۱، 64). در گذشته، پاستیل‌ها توسط ترکیب آب و دیگر افزودنی‌ها تهیه می‌شدند که عاری از ترکیبات مغذی و مواد معدنی بودند. اخیراً با افزودن ویتامین‌ث و پروبیوتیک‌ها به شکل مکمل در این نوع محصولات، ارزش غذایی آنها را بهبود بخشیده‌اند. برای مثال، آب میوه‌های طبیعی حاصل از هندوانه، چغندر و دیگر میوه‌های مرسوم جهت تولید پاستیل با ارزش غذایی بالا مورد استفاده قرار گرفته است (۶۵).

چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) عضو خانواده مالوآسه^۱ می‌باشد که یک گیاه علفی یک یا چند ساله با پایه چوبی است و از نظر تجاری مورد توجه زیادی قرار گرفته است (۱۱). فعالیت‌های ضد التهابی، ضد باکتری و آنتی‌اکسیدانی برای عصاره این گیاه گزارش شده است (۳۳، ۷۵). کاسبرگ گیاه چای ترش بیشتر مورد توجه قرار گرفته زیرا از آن برای تهیه انواع محصولات از جمله نوشیدنی، رنگ‌های خوراکی و مربا استفاده می‌شود (۳۰، ۳۲). استفاده از عصاره چای ترش در نوشیدنی‌های ژله‌ای به دلیل ارزش تغذیه‌ای مانند ویتامین‌ث، ویتامین‌ب^{۱۲} (ریبوفلاوین) و ویتامین‌ب^۳ (نیاسین) حایز اهمیت است، همچنین گلبرگ‌ها حاوی اسیدهای آمینه و آهن هستند (۸). کاسبرگ چای ترش منبعی از آنتوسیانین‌ها هستند که می‌توانند ایجاد رنگ قرمز کنند. بنابراین از آنها به عنوان رنگ طبیعی جایگزین در ژله‌های خوراکی و پاستیل میوه‌ای استفاده می‌شود (۴۷). دو نوع آنتوسیانین موجود در این گیاه به نام‌های دلفیدین-۳-سامبویوزید^۲ و سیانیدین-۳-سامبویوزید^۱ که مسئول ایجاد رنگدانه قرمز در گیاه چای ترش بوده و مهمترین عامل در فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن به شمار می‌روند (۵۹).

^۱ Malvaceae

^۲ Delphinidin-3-sumbubiside

ژلاتین با منشاء حیوانی به عنوان چالشی عمده در میان جوامع از جمله مسلمانان، یهودیان، هندوها و همچنین گیاهخواران تبدیل شده است (۸۱). مسلمانان و یهودیان از مصرف هر گونه فرآورده با منشاء خوک منع شده‌اند و هندوها از فرآورده‌هایی با منشأ گاوی استفاده نمی‌کنند. علاوه بر این، گیاهخواران هیچ گونه فرآورده گوشتی مصرف نمی‌کنند. ژلاتین با منشأ خوکی پتانسیل ایجاد واکنش‌های آلرژیک از طریق مصرف واکسن‌های حاوی ژلاتین و غذاهای فرآوری شده را دارد (۲۵). پکتین یک هترو- پلی‌ساکارید است که در دیواره سلولی اولیه و لاملا میانی گیاهان به وفور یافت می‌شود، همچنین بالای ۳۰٪ از دیواره سلولی ممکن است از پکتین تشکیل شود (۸۳).

پکتین جدا از خواص بهبود دهنده‌گی بافت، یک ترکیب با ارزش برای سلامتی در رژیم غذایی است و در بسیاری از محصولات دارویی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۴). کاربرد اصلی پکتین‌ها در فرمولاسیون‌های مواد غذایی است که به صورت عامل ژل شونده، امولسیفایر، روکش و تثبیت کننده در ژله‌ها، مربا، مارمالاد، آب میوه، محصولات قنادی و غیره استفاده می‌شود (۲۱). پکتین عمدتاً از واحدهای اسید گالاکتورونیک^۲ تشکیل شده است، همچنین گروه‌های کربوکسیل اسید اورونیک^۳ موجود در آن می‌توانند به اشکال مختلف آزاد یا به صورت نمک‌های سدیم، کلسیم یا سایر یون‌ها در ساختار در ساختار پلیمر وجود داشته باشند (۵۵).

در مطالعه Sara و Awad (۲۰۱۹) از عصاره چغندر قرمز (*Beta vulgaris L.*) و چای ترش (*Hibiscus sabdariffa L.*) در تولید ژله خوراکی استفاده شد (۷۳). Moura و همکاران (۲۰۱۹) آزاد شدن آنتوسیانین از عصاره گیاه چای ترش (*H. sabdariffa*) را توسط ژل یونیزه و ریز ذرات در پاستیل مورد مطالعه قرار دادند، نتایج آنها نشان داد میکرو انکپسوله کردن آنتوسیانین چای ترش منجر به بهبود سلامت روده‌ای شده است و همچنین مصرف پاستیل از نظر ارزیاب‌ها در آزمون حسی مورد پذیرش قرار گرفت (۵۸). Apaliyaa و همکاران (۲۰۲۱) نیز خواص تغذیه‌ای و محصولات غذایی حاصل از گیاه چای ترش (*H. sabdariffa*) را مورد بررسی قرار دادند و نتایج آنها نشان داد چای ترش حاوی مقادیر قابل توجهی از ترکیبات زیست فعال، عمدتاً آنتوسیانین، فلاونوئیدها، ویتامین‌ها و اسیدهای پلی فنولیک است که مزایای فراوانی را برای سلامت انسان فراهم می‌کند (۱۳). در تحقیقی دیگر Salami و Afolayan (۲۰۲۰) از عصاره چای ترش به عنوان ماده اولیه تولید نوشابه استفاده کردند که طبق نتایج آنها چای ترش ماده‌ای مناسب برای تولید نوشابه است، زیرا تمام ویژگی‌های مطلوب نوشیدنی از نظر تغذیه‌ای، ظاهر و خواص دارویی را دارا است (۷۲).

¹ Cyanidin-3-sambubioside

² galacturonic acid

³ uronic acid

هدف از این تحقیق، جایگزین کردن پکتین استحصال شده از کاسبرگ چای ترش با ژلاتین تجاری و استفاده از عصاره طبیعی کاسبرگ‌های گیاه چای ترش به عنوان منبع رنگ طبیعی و اسید خوراکی در فرآورده پاستیل بود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- آماده سازی مواد اولیه و تهیه عصاره چای ترش

در این تحقیق از چای ترش تهیه شده از اداره تحقیقات کشاورزی نیک‌شهر (*Hibiscus sabdariffa L.*) در منطقه سیستان و بلوچستان استفاده شد که کاسبرگ های آن جدا شده و آزمون های پروتئین، خاکستر، چربی و ماده خشک روی آن انجام گرفت.

کاسبرگ های چای ترش پس از جدا سازی و شستشوی مناسب در دمای 55°C در آون خشک شده و سپس توسط آسیاب برقی به ذراتی با قطر 100 میکرومتر ریز شدند سپس با استفاده از الک 100 میکرون جداسازی شدند و از ذرات کوچکتر از 100 میکرون استفاده شد. (۴۳). عصاره‌گیری به این صورت انجام شد که 5 گرم از پودر گیاه خشک شده داخل ارلن ریخته شد، عملیات عصاره‌گیری با حلال آب به میزان 3×100 میلی‌لیتر به مدت 48 ساعت در دمای 40°C انجام گرفت (هر 16 ساعت یک بار حلال توسط پارچه توری جدا شده و حلال تازه اضافه شد) حلال جدا شده در 3 مرحله استخراج ابتدا توسط توری پارچه‌ای و سپس توسط کاغذ صافی واتمن شماره 1 صاف گردید (۹). از آنجا که ممکن است عصاره ناخالصی‌هایی داشته باشد برای حذف این ناخالصی‌ها و به دست آورده عصاره خالص‌تر و شفاف‌تر از سانتریفوژ با 10000 دور در دقیقه استفاده شد (۶۹). باقی‌مانده مواد از کاغذ صافی و سانتریفوژ (افتراقی فامکو، ساخت ایران) در آون با دمای 65 درجه سانتیگراد خشک شده و سپس در فریز درایر ساخت کشور zirbus آلمان مدل sublimator-vaco5 در دمای 80 - درجه سانتیگراد خشک و به صورت پودر در دمای 20 - درجه سانتیگراد نگهداری شد (۵۶).

۲-۲- آزمون‌های عصاره چای ترش

ترکیبات پودر عصاره چای ترش به روش‌های زیر مورد ارزیابی قرار گرفتند:

برای اندازه‌گیری پروتئین از روش کلدال و طبق روش AOAC (۲۰۰۵) انجام شد (۱۲).

برای اندازه‌گیری میزان چربی از روش سوکسله و طبق روش AOAC (۲۰۰۵) انجام شد (۱۲).

جهت تعیین خاکستر از روش کوره‌گذاری استفاده گردید (۱۲).

برای اندازه‌گیری ماده خشک از روش آون‌گذاری استاندارد به شماره ۳۲۷۲ استفاده شد (۴۰).

برای اندازه گیری فیبر خام از روش استاندارد شماره ۳۳۹۴ استفاده شد (۴۱).

جهت اندازه گیری میزان اسیدفولیک به دلیل حساسیت فلئورسانسی کم این ماده ابتدا اسیدفولیک در حضور بافر استات در pH حدود ۴ توسط پرمنگنات به فلئوروفور، ۲-آمینو-۴-هیدروکسی پتریدین-۶-کربوکسیلیک اسید تبدیل و سپس ترکیب نامبرده که هم غلظت با اسیدفولیک بود اندازه گیری شد. در ادامه ۱۰ میکرو لیتر نمونه استاندارد در محدوده غلظتی انتخاب و پس از تثبیت pH نمونه در حدود ۴ توسط ۱۴۰ میکرو لیتر بافر استات به غلظت ۰/۲ مولار، ۵۰ میکرو لیتر محلول پرمنگنات ۰/۱ مولار به نمونه مورد نظر اضافه شده و نمونه به مدت ۱ دقیقه به هم زده شد و سپس ۴ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و با سرعت ۶۰۰ دور بر دقیقه توسط شیکر هم زده شده تا در این دما واکنش تبدیل اسیدفولیک به فلئوروفور مورد نظر به طور کامل صورت گیرد. حال با افزودن حدود ۵۰ میکرو لیتر محلول آب اکسیژنه ۰/۷۵ مولار مازاد پرمنگنات به منگنز (II) تبدیل شده و نمونه پس از ۳۰ ثانیه سونیکاسیون، آماده تزریق به دستگاه HPLC بود که حدود ۲۰ میکرو لیتر از این نمونه به دستگاه تزریق و توسط دتکتور فلورسانس آشکارسازی و اندازه گیری صورت گرفته است (۱).

برای اندازه گیری آهن از دستگاه جذب اتمی مدل Varian-AA20 ساخت آمریکا با کوره گرافیتی (GFAAS) مدل Varian-GTA.96 ساخت آمریکا استفاده شد. نمونه آماده سازی شده با یک دستگاه تزریق کننده نمونه (بطور اتوماتیک) همراه با مقداری مدیفایر (آمونیم دی هیدروژن فسفات) به دستگاه تزریق شد. مقدار آهن و روی نیز با جذب اتمی شعله ای اندازه گیری شدند. لازم به توضیح است که قبل از اندازه گیری این فلزات، میزان بازیافتی برای هر فلز با افزودن غلظت مشخصی از ماده استاندارد آن فلز به نمونه تعیین شد (۵).

۲-۱- اندازه گیری آنتوسیانین:

برای اندازه گیری آنتوسیانین ها از شیوه ای که هراتی فرزقی و همکاران در سال ۱۳۹۵ بکار بردند استفاده می شود. در این روش جذب نمونه های تهیه شده توسط بافر pH = 1 و pH = 4/5 بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری می شود و در نهایت غلظت آنتوسیانین ها از رابطه زیر به دست می آید (۸):

$$C \text{ mg}/100\text{ml} = \Delta A / \epsilon L \times M \times D$$

D: فاکتور رقیق کردن

ΔA : اختلاف بین دو جذب در pH = 1 و pH = 4/5

M: جرم مولکولی آنتوسیانین

€: جذب مولی

L: طول سل که بر حسب سانتی متر

اندازه گیری درصد ویتامین ث براساس روش تیتراسیون انجام شد (۱۲).

ترکیبات فنولی کل با روش فولین سیو کالتیو انجام گرفت (۸۰).

ویژگی های آنتی اکسیدانی فرآورده نهایی با ارزیابی ظرفیت آنتی اکسیدانی به روش رادیکال های آزاد DPPH اندازه گیری شد (۱۸).

میزان درجه بریکس نمونه ها بر اساس روش استاندارد ۲۶۸۲ ملی ایران تعیین گردید. ۵ گرم از هر نمونه در بشر وزن گردید و به آن ۲۰ میلی لیتر آب گرم اضافه شد و در ادامه محتویات با همزن شیشه ای تا یکنواخت شدن کامل همزده شد. سپس پس از سرد شدن محلول با استفاده از دستگاه رفرکتومتر (مدل ABBE، بلژیک) بریکس نمونه ها در دمای محیط اندازه گیری گردید (۴۵).

۲-۲-۲-آزمون قدرت احیاکنندگی آهن برای تعیین عصاره بهینه: FRAP

مقدار ۰/۰۲ میلی لیتر از عصاره (۱ mg/ml) را با ۱ میلی لیتر محلول کاری فرپ (شامل ۲۵ میلی لیتر استات سدیم، ۲/۵ میلی لیتر محلول TPTZ و ۲/۵ میلی لیتر محلول کلرید آهن) مخلوط کرده پس از اینکه ۵ دقیقه در دمای محیط قرار گرفت، جذب نمونه را در ۵۹۵ نانومتر می خوانیم. فعالیت احیاکنندگی نمونه های عصاره با استفاده از منحنی استاندارد برحسب میکرومول آهن در میلی گرم وزن خشک عصاره محاسبه می گردد (۱۰).

اندازه گیری اسیدیته (به روش تیتراسیون) Parsa-Motlagh و Yazdani-Biuki در سال ۲۰۱۷ انجام شد (۶۶).

شناسایی و تعیین کمی اسیدهای فنولی توسط دستگاه HPLC ساخت شرکت کناور کشور آلمان مدل پلنت بلو به همراه پمپ پلنت

بلو مجهز به دتکتور مدل PDA PLATIN blue، سیستم تزریق اتوماتیک مدل پلنت بلو و رابط نرم افزاری Ezchrom Eilte

انجام گرفت. ستون مورد استفاده (image 80-5, CA, C18 (4 - 250 mm, with pre column Sphere- ODS-2

German column - با طول ۲۵۰ میلی متری و قطر داخلی ۴ میلی متر بود. Flow rate برابر ۰.۵ میلی لیتر در دقیقه و ترکیب

فاز متحرک به کار برده شده استونیتریل، آب و اسید استیک ۲٪ نبود. نوع ماده پرکننده C18 phase reversed و طول ستون

۲۵ سانتی متر و اندازه ذرات پایه ۵ میکرومتر بود (۲). جهت شناسایی نوع اسیدهای فنولی از استانداردهای کلروژنیک اسید،

فلوریک اسید، روتین، کافنیک اسید و کوئرستین استفاده شد. با مقایسه زمان تأخیر و سطح زیر منحنی نمونه با نمونه‌های استاندارد، اسیدهای فنولی شناسایی و میزان این ترکیبات با رسم منحنی‌های استاندارد تعیین گردید (۴۹).

۲-۳- استخراج پکتین از کاسبرگ چای ترش

پکتین کاسبرگ چای ترش با استفاده از اسید هیدروکلریک و اسید سیتریک با pH های مشخص (۲/۵-۱/۵) و در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت به صورت جداگانه در حمام آبی نگهداری شده و سپس استخراج صورت پذیرفت. در انتها عصاره حاصل از آن از صافی نایلونی عبور داده و با اتانول ۹۶ درصد رسوب داده شد (۳۱).

۲-۴- تهیه پاستیل

برای تهیه پاستیل از روش رایج در صنعت استفاده شد (۶۵). برای این منظور ۳۵ گرم شکر و ۳۵ گرم گلوکز را در ۲۰ میلی‌لیتر آب مخلوط کرده، سپس حرارت داده تا زمانی که به بریکس ۷۷-۷۸ رسید. در این زمان، مواد مذکور به طور کامل در آب حل شده و ماده به صورت شفاف ظاهر گردید. همزمان ۶ گرم پکتین (تجاری یا استخراجی و درصدهای مختلف عصاره چای ترش) در ۱۲ گرم آب حل شد تا بریکس آن به ۷۷-۷۸ برسد (جدول ۱). مواد با هم مخلوط و قالب‌ریزی شده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵۰°C -۴ قرار داده شد. پس از گذشت این زمان محصول آماده مصرف است (۳).

جدول ۱- فرمولاسیون تیمارهای کنترلی و آزمایشی پاستیل

تیمار	پکتین تجاری	پکتین چای ترش (گرم)	عصاره چای ترش (درصد)
T1	۰	۶	۰
T2	۶	۰	۰/۲
T3	۶	۰	۰/۴
T4	۰	۶	۰/۲
T5	۰	۶	۰/۴
T6	۶	۰	۰

۲-۵- آزمون‌های شیمیایی

اندازه‌گیری درصد ویتامین ث براساس روش AOAC (۲۰۰۵) انجام شد (۱۱). برای اندازه‌گیری آنتوسیانین‌ها از شیوه‌ای که Harati و همکاران (۲۰۱۶) بکار بردند استفاده شد. در این روش جذب نمونه‌های تهیه شده توسط بافرهایی با $pH = 1$ و $pH =$ 4/5 بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۵۰۰ نانومتر اندازه‌گیری گردید و در نهایت غلظت آنتوسیانین‌ها از رابطه زیر به دست آمد (۳۶).

$$C \text{ mg}/100\text{ml} = \Delta A / \epsilon L \times M \times D$$

D: فاکتور رقیق کردن

ΔA : اختلاف بین دو جذب در $\text{pH} = 4/5$ و $\text{pH} = 1$

M: جرم مولکولی آنتوسیانین

ϵ : جذب مولی

L: طول سل که بر حسب سانتی متر

اندازه گیری مقدار ترکیبات فنولی کل با روش فولین سیوکالچوانجام شد (۸۰). میزان قدرت احیاکنندگی آهن برای تعیین عصاره بهینه توسط آزمون فرپ اندازه گیری شد (۱۰). همچنین ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی فرآورده نهایی با مهار رادیکال‌های آزاد از DPPH روش Brand-Williams و همکاران (۱۹۹۵) (۱۸) و رطوبت پاستیل به روش استاندارد ملی ایران، شماره ۲۶۸۲ اندازه گیری شد (۴).

به منظور تعیین فعالیت آب، وزن‌های مساوی از هر نمونه کامل خرد می‌گردد و فعالیت آب نمونه توسط دستگاه رطوبت‌سنج مدل Novasina ساخت کشور سوئیس در دمای 20°C تعیین شد (۳۶). آزمون رنگ پاستیل با استفاده از دستگاه رنگ سنج Hunterlab colorflex اندازه‌گیری شد (۳۷). اسیدیته پاستیل به روش استاندارد ملی ایران، شماره ۲۶۸۲ اندازه‌گیری گردید (۴۲).

جهت اندازه‌گیری میزان اسیدفولیک از دستگاه HPLC ساخت شرکت Agilent آمریکا مدل (سری) ۱۲۰۰ انجام شد (۳۸). برای اندازه‌گیری آهن از دستگاه جذب‌انمی مدل Varian-AA20 ساخت آمریکا با کوره گرافیتی (GFAAS) مدل Varian-GTA.96 ساخت آمریکا استفاده شد. نمونه آماده‌سازی شده با یک دستگاه تزریق کننده نمونه (بطور اتوماتیک) همراه با مقداری مدیفایر (آمونیم دی‌هیدروژن فسفات) به دستگاه تزریق شد. مقدار آهن و روی نیز با جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. لازم به توضیح است که قبل از اندازه‌گیری این فلزات، میزان بازیافتی برای هر فلز با افزودن غلظت مشخصی از ماده استاندارد آن فلز به نمونه تعیین شد (۵).

میزان درجه بریکس با دستگاه رفاکتومتر ساخت آمریکا شرکت tiaoyeer براساس روش استاندارد ۲۶۸۲ ملی ایران تعیین گردید (۴۵).

۲-۶- آزمون‌های میکروبی

آزمایشات میکروبی به روش استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۹۵ با شمارش کلی به روش استاندارد شماره ۵۲۷۲ انجام شد (۴۲).

۲-۷- آزموهای فیزیکی:

۲-۷-۱ پارامتر بافتی

برای سنجش سختی، پیوستگی، الاستیسیته (فنریت)، قابلیت جویدن، کشش پذیری، حالت صمغی و چسبندگی نمونه‌های پاستیل با ابعاد گفته شده، از دستگاه آنالیز بافت (بروکفیلد، مدل CTE-10، آمریکا) به روش TPA استفاده شد. در این آزمایش هر یک از نمونه‌ها در دو سیکل رفت و برگشتی، توسط پروب سیلندری صفحه گرد با قطر ۳ سانتی‌متر، سرعت حرکت پروب ۶۰ میلی‌متر بر دقیقه و نیروی ۵ گرم تا ۳۰ درصد ارتفاع اولیه نمونه فشرده شده و سپس فشارزدایی گردید (۷۱).

۲-۷-۲ آزمون حسی

در این پژوهش آزمون حسی به کمک ۱۰ ارزیاب نیمه آموزش دیده انجام می‌پذیرد. به منظور ارزیابی نمونه‌ها توسط آزمون هدونیک ۵ امتیازی (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب بسیار بد، بد، معمولی، خوب و بسیار خوب) تعریف گردید و اختلاف میانگین نتایج به روش توکی آنالیز شد (۳۶).

۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های به دست آمده ابتدا با روش کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شدند تا نرمال بودن داده‌ها تایید شوند. سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده با نرم افزار SPSS نسخه ۲۰۲۰ استفاده شد. روش مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی و سطح اطمینان ۵٪ انجام شد. در این تحقیق از آزمون فاکتوریل کامل در قالب کاملاً تصادفی در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. کلیه آزمون‌ها در ۲ تکرار انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ترکیبات شیمیایی چای ترش

نتایج به دست آمده در مورد ترکیبات بیوشیمیایی چای ترش در جدول ۲ نمایش داده شده است. با توجه به نتایج مقادیر چربی برابر با ۰/۳۷٪، پروتئین برابر با ۵/۸۱٪، خاکستر برابر با ۷/۸۷٪ و کربوهیدرات برابر با ۷۹/۹۰٪ بوده است. این نتایج با نتایج Keyata و همکاران (۲۰۲۱) در ارتباط با مقادیر پروتئین چای ترش (*H. sabdariffa*) هم خوانی داشت آنها مقادیر پروتئین را در دامنه ۶/۷-۴/۵۵ درصد بود، اما مقادیر چربی (۱/۵-۰/۹) درصد و خاکستر (۱۰/۴-۹/۲)٪ در مطالعه آنها بالاتر از مطالعه حاضر بود (۴۶). همچنین مطابق با تحقیق Marak و همکاران (۲۰۲۱) کاسبرگ چای ترش (*H. sabdariffa*) دارای خاکستر ۶/۶۵-۴ درصد،

پروتئین ۳۳/۹-۵ درصد و میزان چربی در دامنه ۷/۸۴-۲ درصد بود (۵۳). تفاوت‌های موجود از نظر ارتفاع منطقه رویش، تغییرات دمای شبانه روزی محیط، تغییر شدت تابش پرتوهای خورشیدی و میزان بارندگی سالانه می‌تواند از علل تفاوت مشاهده شده در مورد سنتز و تجمع ترکیبات جای ترش مطالعه حاضر با مطالعات مذکور باشد.

نتایج به دست آمده در این قسمت نشان داد می‌توان از عصاره کاسبرگ جای ترش جهت غنی سازی و ایجاد ارزش افزوده در فرمولاسیون مواد غذایی مختلف استفاده کرد و خواص تغذیه ای در آنها را بهبود بخشید.

جدول ۲. ترکیبات شیمیایی جای ترش

چربی (%)	پروتئین (%)	خاکستر (%)	کربوهیدرات (%)	ماده خشک (%)
۰/۳۷±۰/۰۵	۵/۸۱±۰/۱۶	۷/۸۷±۰/۷۴	۷۹/۹۰±۰/۲۵	۹۴/۲۰±۰/۴۲

۲-۳- خواص فیزیکوشیمیایی عصاره جای ترش

نتایج مربوط به ترکیبات بیوشیمیایی عصاره جای ترش در جدول ۳ آورده شده است.

آنتوسیانینها متعلق به گروه فلاونوئیدها و از ترکیبات پلی فنولها میباشند که باعث به وجود آمدن رنگهای قرمز و آبی در اندام‌های گیاهی مانند میوه، گل و برگها می‌شود و همچنین آنتوسیانین، منبع اصلی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه جای ترش می‌باشد (۱۶). بر اساس نتایج (جدول ۳)، میزان آنتوسیانین برابر با ۱۴/۲۸٪ بوده است. Maciel و همکاران (۲۰۱۸) مقادیر آنتوسیانین عصاره جای ترش (برزیل) را مابین ۲۴/۳ - ۲۷/۰٪ اعلام نمودند (۵۰). همچنین Kalla و همکاران (۲۰۱۵) مقادیر آنتوسیانین عصاره جای ترش را ۲۴/۲٪ اعلام نمودند (۴۴)، Peredo Pozos و همکاران (۲۰۲۰) مقادیر آنتوسیانین عصاره جای ترش را ۱۸/۵۵٪ اعلام نمودند (۶۷)، مقادیر آنتوسیانین در مطالعه آنها بالاتر از مطالعات حاضر می‌باشد، محتوای آنتوسیانین به رقم، مرحله بلوغ و نحوه استخراج عصاره مرتبط می‌باشد (۵۰).

در تحقیقی دیگر به شکل مشابه Nguyen و همکاران (۲۰۲۱) مقادیر قابل توجهی آنتوسیانین در عصاره جای ترش یافت کردند که سرشار از ترکیبات سیانیدین و دلفیدین می‌باشد که نقش به‌سزایی در ایجاد رنگ قرمز دارد (۶۳).

مقادیر ویتامین C در مطالعه حاضر برابر با ۶۱/۴۹ گرم/صد گرم بوده است. Singh و همکاران (۲۰۱۷) مقدار ویتامین C را در عصاره کاسبرگ جای ترش ۱۷/۰ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم اعلام کردند (۷۷). دامنه ویتامین C در تحقیق Seiam (۲۰۲۱) مابین ۵۶-۶۰ بود. این مقدار ویتامین C به دست آمده (۷۴). در این تحقیق بیشتر از نتایج Singh و همکاران (۲۰۱۷) بود، در حالیکه

نتیجه Seiam (۲۰۲۱) مشابه این تحقیق بود (۷۴، ۷۷).

ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در میوه ها و سبزیجات توجه بسیاری از محققین را به خود معطوف کردند که به علت پتانسیل بالای آن برای فعالیت آنتی اکسیدانی می باشد. ترکیبات فنلی با اهدای اتم هیدروژن از فعالیت رادیکال آزاد جلوگیری می کنند (۱۶). مقادیر ترکیبات فنلی در مطالعه حاضر برابر با ۱۹۴/۶۴ میلی گرم / میلی لیتر بوده است. Maciel و همکاران (۲۰۱۸) مقادیر ترکیبات فنلی عصاره چای ترش ۱۷۱/۶-۲۰۰/۰ میلی گرم / میلی لیتر بوده است (۵۰). نتایج با نتایج Sindi و همکاران (۲۰۱۴) که ۲۱۶/۷ میلی گرم / میلی لیتر بودند، که تقریبا با نتایج، مطالعه حاضر هم خوانی داشت (۷۶).

چای ترش غنی از ترکیبات آنتی اکسیدانی نظیر ویتامین C، اسید فولیک و آنتوسیانین است و اثرات مضر رادیکال های آزاد را تا ۹۲ درصد کاهش می دهد. اسید فولیک ترکیبی متعلق به خانواده ویتامین های محلول در آب گروه B است و ماده مهمی برای حفظ فعالیت و سلامتی موجودات زنده رشد و تقسیم سلول های بدن است (۷۵). میزان اسید فولیک عصاره چای ترش در مطالعه حاضر برابر با ۲۶۱/۹۰ میکروگرم / صد گرم بوده است. در همین راستا Idowu-Adebayo و همکاران در سال ۲۰۲۱ خواص سلامت عصاره گیاه چای ترش را در نوشیدنی های ارزش افزوده مورد بررسی قرار دادند (۳۹). طبق نتایج آنها عصاره چای ترش بسیار غنی از فولیک اسید می باشد و تیمارهای نوشیدنی آنها ۳۰۱-۲۵۶ میکروگرم در ۱۰۰ گرم فولیک اسید دارا بودند.

۲۰۲- دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) یک رادیکال پایدار است، که حداکثر جذب آن در ۵۱۵ نانومتر است و می تواند سرعت با یک آنتی اکسیدان احیاء شود. این روش استفاده گسترده ای در اندازه گیری میزان مهارکنندگی رادیکال آزاد ترکیبات مختلف دارد (۱۶). ترکیبات آنتی اکسیدانی نقش مهمی در دفاع از بدن علیه رادیکال های آزاد ایفا میکنند که این عمل را با استفاده از خنثی سازی یا مهار مولکولهای اکسید شده و حفظ تعادل اکسایش-کاهش انجام میدهند. هر دو نوع آنتی اکسیدانهای طبیعی و سنتزی می توانند بدین منظور در غذاها مورد استفاده قرار بگیرند (۳۷). بر اساس نتایج، میزان فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH برابر با ۹۵/۲۰ بوده است. Maciel و همکاران (۲۰۱۸) مقادیر فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH عصاره چای ترش (برزیل) را مابین ۶۲-۶۸٪ اعلام نمودند (۵۰). Peredo Pozos و همکاران (۲۰۲۰) مقادیر فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH عصاره چای ترش را مابین ۷۵/۴۸٪ اعلام نمودند (۶۷)، مقادیر خاصیت آنتی اکسیدانی در مطالعه حاضر بالاتر از مطالعات مذکور می باشد. مطالعات گزارش کرده اند که عصاره چای ترش غنی از ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها (شامل آنتوسیانین ها)، اسیدهای فنولیک و اسیدهای آلی می باشد که مقادیر خاصیت آنتی کسیدانی هم در شرایط *in vitro* و هم *in vivo* به مقادیر این ترکیبات مرتبط است (۴۸، ۵۰، ۶۷).

میزان آهن عصاره چای ترش در مطالعه حاضر برابر با ۵/۷۸ میلی گرم / صد گرم بوده است. Deli و همکاران (۲۰۲۰) میزان آهن عصاره چای ترش را در دامنه ۲/۷۵ - ۲۴ میلی گرم / صد گرم گزارش نمودند (۲۳). Peter و همکاران (۲۰۱۷) میزان آهن عصاره چای ترش را در دامنه ۷/۸ میلی گرم / صد گرم گزارش نمودند (۶۸). مقادیر آهن گزارش شده در مطالعات مذکور اختلاف جزئی با مطالعه حاضر داشت، اختلاف در میزان آهن میتواند مربوط به سن گیاه و نوع تیمار مورد استفاده باشد.

میزان بریکس عصاره چای ترش در مطالعه حاضر برابر با ۶۴ درجه بوده است. Ndong و همکاران (۲۰۱۸) نیز مقادیر بریکس عصاره چای ترش را ۶۰ درجه اعلام نمودند، نتایج آنها تقریباً با نتایج مطالعه حاضر، هم خوانی داشت (۶۲).

مقادیر pH عصاره چای ترش در مطالعه حاضر برابر با ۵/۱۳ بوده است. Nguyen و همکاران (۲۰۲۰) نیز مقادیر pH عصاره چای ترش را ۴/۲۰ اعلام نمودند، نتایج آنها کمتر از مطالعه حاضر می باشد (۶۴).

مقادیر فیبر عصاره چای ترش در مطالعه حاضر برابر با ۳۷/۰۲٪ بوده است. Sonia و همکاران (۲۰۰۷) نیز مقادیر فیبر عصاره چای ترش را ۳۳/۹۰٪ اعلام نمودند، نتایج آنها، تقریباً با نتایج مطالعه حاضر، هم خوانی داشت (۷۹).

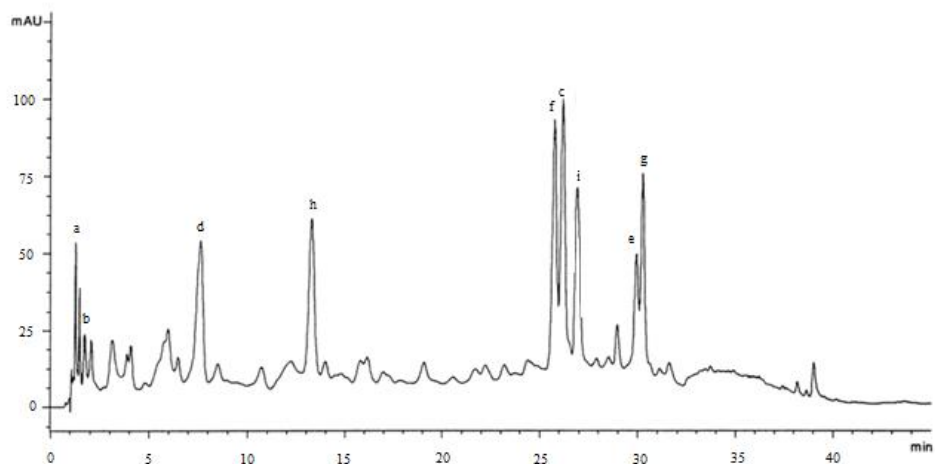
مقادیر ماده خشک عصاره چای ترش در مطالعه حاضر برابر با ۹۰/۲۶٪ بوده است. El-Baily و همکاران (۲۰۱۶) نیز مقادیر ماده خشک عصاره چای ترش را ۸۹/۲۰٪ اعلام نمودند، نتایج آنها، با نتایج مطالعه حاضر، هم خوانی داشت (۲۸).

جدول ۳. خواص فیزیکوشیمیایی عصاره چای ترش

عنوان	مقدار
آنتوسیانین (%)	۱۴/۲۸±۳/۰۱
ویتامین (C) (گرم / صد گرم)	۶۱/۴۹±۰/۹۸
ترکیبات فنلی (mg/ml)	۱۹۴/۶۴±۰/۹۲
اسید فولیک (μg/ 100g)	۲۶۱/۹۰±۰/۳۲
DPPH (%)	۹۵/۲۰±۰/۱۶
آهن (میلی گرم / صد گرم)	۵/۷۸±۰/۳۵
بریکس	۶۴/۰۰±۱/۰۰
pH	۵/۱۳±۰/۷۰
فیبر (%)	۳۷/۰۲±۲/۰۰

۳-۳ ترکیبات فلانوئیدی عصاره چای ترش

فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره ها به مقدار و نوع پلی فنول های موجود در آن بستگی دارد که همبستگی مثبتی بین محتوای فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی دارد (۱۶). ترکیبات بسیار و متنوعی در عصاره چای ترش با خواص بیولوژیکی شناسایی شده است. ذکر شده است که فلانوئیدها گروه آنتی اکسیدانی اصلی هستند. نتایج ترکیبات فلانوئیدی عصاره کاسبرگ چای ترش در جدول ۴ و شکل ۱ به نمایش در آمده است. بیشترین مقادیر ترکیبات فنلی به ترتیب مربوط به روتین برابر با ۶۱۵/۴۰ میکروگرم بر گرم ماده خشک، کمپفرول-۳-روتینوزید برابر با ۶۰۱/۱۰ میکروگرم بر گرم ماده خشک، کمپفرول-۳-روتینوزید برابر با ۴۶۳/۲۰ میکروگرم بر گرم ماده خشک، ایزو کوئرستین برابر با ۴۵۰/۳۰ میکروگرم بر گرم ماده خشک، کریپت کلورژنیک اسید برابر با ۳۶۶/۲۰ میکروگرم بر گرم ماده خشک و کلورژنیک اسید برابر با ۳۵۵/۰۰ میکروگرم بر گرم ماده خشک بوده است. در تحقیق Kanwugu و Adadi (۲۰۲۰) میزان ترکیبات پلی فنولیک موجود در عصاره چای ترش از این قرار بود؛ مقدار کلورژنیک اسید (۱۹۲۳/۷۲)، کوئرستین-۳-سامبوزیوید (۳۰۴/۰۲)، کمپفرول-۳-روتینوزید (۹۱/۸۶)، و کوئرستین (۱۲۱/۲۴) میلی گرم بر گرم ماده خشک گزارش گردید که با توجه به جدول شماره ۴ به جز کلورژنیک اسید دیگر مقادیر به دست آمده در مطالعه حاضر بالاتر از مطالعه آنها بود. Singh و همکاران در سال ۲۰۲۱ ترکیبات پلی فنولیک موجود در عصاره چای ترش را مورد بررسی قرار دادند که طبق نتایج آنها مقادیر کوئرستین و روتین به ترتیب ۱۴۴/۹۱ و ۴۹۲/۴۸ میکروگرم بر گرم به دست آوردند. در تحقیقی دیگر Izquierdo-Vega و همکاران (۲۰۲۰) میزان ترکیبات پلی فنولیک موجود در عصاره چای ترش از این قرار بود؛ کلورژنیک اسید (۱۹۲۳/۷۲)، کوئرستین (۱۲۱/۲۴) و کوئرستین-۳-سامبوزیوید (۳۰۴/۰۲) میلی گرم بر گرم ماده خشک که به جز مقدار کلورژنیک اسید دیگر موارد مقدار کمتری نسبت به تحقیق حاضر داشتند. عوامل متعددی میتواند بر میزان ترکیبات فلانوئیدی تأثیر گذار باشد مانند، مراحل آماده سازی گیاه (نحوه خشک کردن، زمان و دمای عصاره گیری)، نمونه گیاهی (نوع گونه، جمعیت، اندام مورد استفاده، مرحله نمو)، شرایط محیطی گیاه (ساختار خاک، شرایط اقلیمی، تنشها) و روشهای سنجش ترکیبات فلانوئیدی (۵۸) همچنین تفاوتهای موجود از نظر ارتفاع منطقه رویش، تغییرات دمای شبانه روزی محیط، تغییر شدت تابش پرتوهای خورشیدی و میزان بارندگی سالانه می تواند از علل تفاوت مشاهده شده در مقادیر ترکیبات فلانوئیدی در مطالعه حاضر با مطالعات مذکور باشد (۷۰).



شکل ۱. نمودار کروماتوگرام ترکیبات فلاونوئیدی موجود در عصاره چای ترش.

جدول ۴. ترکیبات فلاونوئیدی موجود در عصاره چای ترش (آنالیز شده به روش HPLC).

مقادیر (میکروگرم بر گرم ماده خشک)	ترکیبات فلاونوئیدی
۳۴۸/۳۰±۹/۵۰	نئوکلورژنیک اسید ^۱
۳۵۵/۰۰±۴/۲۶	کلورژنیک اسید ^۲
۳۶۶/۲۰±۶/۹۹	کریپت کلورژنیک اسید ^۳
۶۱۵/۴۰±۱۰/۶۰	روتین ^۴
۴۵۰/۳۰±۶/۴۵	ایزو کوئرستین ^۵
۶۰۱/۱۰±۹/۹۴	کمپفرول-۳-روتینوزید ^۶
۴۶۳/۲۰±۸/۷۷	کمپفرول-۳-گلوکوزید ^۷
۳۰۶/۳۰±۸/۵۷	کوئرستین-۳-سامبویبوزید ^۸
۲۸۸/۲۰±۴/۵۹	کمپفرول ^۹

¹ Neochlorogenic acid
² Chlorogenic acid
³ Cryptochlorogenic acid
⁴ Rutin
⁵ Isoquercetin
⁶ Kaempferol-3-o-rutinoside
⁷ Kaempferol-3-o-glucoside
⁸ Quercetin-3-sambubioside
⁹ Kaempferol

۳-۴- پارامترهای کیفی پاستیل تولید شده با پکتین و عصاره چای ترش

میزان ویتامین ث در جدول شماره ۵ نشان داده شده است طبق نتایج جدول شماره ۵ مقدار ویتامین ث از ۳۰/۱۹ تا ۷۱/۲۰ (میلی-گرم بر گرم) در تیمارهای مختلف به دست آمد. این داده‌ها بیانگر این است که با افزایش غلظت عصاره چای ترش و پکتین استخراجی چای ترش میزان ویتامین ث هم افزایش پیدا می‌کند.

Agnes و همکاران در سال ۲۰۲۰ به بررسی اثرات مقایسه‌ای عصاره چای ترش با پشن فروت و آرد کنجاک بر کیفیت نوشیدنی‌های ژله‌ای پرداختند که در نتایج آن‌ها میزان ویتامین ث مقدار کمتری نسبت به تحقیق حاضر داشت (۸). طبق نتایج آن‌ها در تیمار ۸۰٪ عصاره چای ترش، میزان ویتامین ث ۲۷/۳۷ میلی‌گرم بر گرم بوده و در تیمار ۲۰٪ میزان ویتامین ث ۲۳/۴۹٪ می‌باشد. آن‌ها اعلام کردند هرچه عصاره چای ترش کمتر استفاده شود میزان ویتامین ث نیز کمتر است.

جدول ۵. ویژگی‌های کیفی پاستیل فراوری شده با پکتین و عصاره استخراج شده کاسبرگ چای ترش.

						تیمار
T6	T5	T4	T3	T2	T1	آزمون
۳۰/۱۹±۰/۵۵ ^d	۷۱/۲۰±۰/۲۸ ^a	۵۳/۷۷±۰/۶۸ ^c	۶۶/۰۲±۰/۷۹ ^b	۵۰/۴۳±۰/۷۲ ^c	۳۱/۹۹±۰/۶۵ ^d	ویتامین ث (میلی‌گرم بر گرم)
۰/۱۴±۰/۰۱ ^d	۱/۸۹±۰/۲۹ ^a	۱/۰۰±۰/۰۴ ^c	۱/۴۴±۰/۲۱ ^b	۰/۷۸±۰/۱۲ ^c	۰/۱۶۵±۰/۰۱ ^d	آنتوسیانین (درصد)
۱۳/۳۶±۰/۷۲ ^c	۱۵/۴۱±۰/۷۴ ^a	۱۱/۸۰±۰/۹۱ ^d	۱۴/۷۸±۰/۳۵ ^b	۱۱/۸۴±۰/۳۵ ^d	۱۱/۲۲±۰/۷۸ ^d	فنل تام (میلی‌گرم بر گرم)
۴۵۵/۵۰±۰/۵۵ ^e	۵۳۹/۶۶±۸/۶۷ ^a	۵۰۴/۰۱±۰/۷۱ ^b	۵۳۹/۸۴±۰/۷۶ ^a	۴۷۶/۶۴±۰/۷۱ ^c	۴۶۴/۱۲±۰/۶۵ ^d	FRAP (mmol /g)
۸۷/۵۲±۰/۶۰ ^d	۹۵/۴۹±۱/۵۵ ^a	۹۰/۲۰±۰/۶۴ ^{cd}	۹۳/۱۸±۰/۷۹ ^b	۸۸/۳۰±۰/۷۲ ^d	۹۱/۲۱±۰/۶۶ ^{cd}	DPPH (%)
۸۹/۰۵±۰/۶۰ ^a	۹۰/۰۱±۰/۶۱ ^a	۹۱/۲۴±۰/۶۷ ^a	۸۹/۶۴±۰/۸۱ ^a	۹۰/۲۹±۰/۷۳ ^a	۹۰/۶۵±۰/۶۴ ^a	رطوبت (درصد)
۰/۵۶±۰/۰۶ ^b	۰/۵۶±۰/۰۱ ^a	۰/۶۱۶±۰/۰۲ ^c	۰/۷۳۷±۰/۱۶ ^a	۰/۷۳۷±۰/۱۴ ^a	۰/۶۶۶±۰/۰۸ ^b	فعالیت آبی (درصد)
۷/۴۷±۰/۵۵ ^a	۷/۰۸±۰/۰۲ ^a	۷/۷۰±۰/۶۸ ^a	۷/۸۴±۰/۷۹ ^a	۷/۷۱±۰/۷۱ ^a	۷/۶۲±۰/۶۰ ^a	اسیدیته (درصد)
۸۶/۶۵±۰/۵۵ ^d	۹۶/۰۰±۰/۵۵ ^a	۹۴/۴۸±۰/۶۷ ^{bc}	۹۶/۳۴±۰/۸۰ ^a	۹۰/۷۵±۰/۷۴ ^c	۸۹/۰۱±۰/۶۶ ^c	آهن (ppm)
۸۶/۵۱±۰/۶۰ ^a	۸۹/۱۰±۰/۷۷ ^a	۸۹/۲۰±۰/۶۹ ^a	۹۱/۱۱±۰/۷۵ ^a	۸۹/۲۵±۰/۷۲ ^a	۹۰/۰۲±۰/۶۵ ^a	بریکس

میزان آنتوسیانین با توجه به جدول شماره ۵ و در تیمارهای مختلف از ۰/۱۴ تا ۱/۸۹ درصد متغیر بوده است. Moura و همکاران در سال ۲۰۱۹ میزان آنتوسیانین در آبنبات ژله‌ای را در دامنه ۰/۱۴ تا ۰/۲۱ درصد گزارش کرده‌اند که مقادیر آنتوسیانین کمی

پایین تر از تحقیق حاضر بوده است (۵۸). این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از عدم تشابه در میزان رسیدگی کاسبرگ، شرایط و منطقه کشت و تیمارها نسبت داد (۳۴).

میزان فنل تام با توجه به جدول شماره ۵ در دامنه ۱۱/۲۲ تا ۱۵/۴۱۲ میلی گرم بر گرم بیان شده است. در همین راستا El-Latif و همکاران در سال ۲۰۲۲ به بررسی استفاده از برخی منابع گیاهی طبیعی در تولید آبنبات صمغی پرداختند، آن‌ها در نتایج خود میزان فنل تام را در دامنه ۱۳/۱۹ تا ۲۶/۰۹ میلی گرم بر گرم گزارش کردند (۲۹)، که کمی بیشتر از مقادیر تحقیق حاضر بود که این تفاوت را می‌توان به میزان رسیدگی کاسبرگ‌های چای ترش نسبت داد. میزان ترکیبات فنلی به طول دوره رشد و رسیدگی کاسبرگ بستگی دارد، بنابراین میزان فنل تام در کاسبرگ‌هایی که رسیده‌تر هستند افزایش می‌یابد (۷۸).

میزان FRAP در جدول شماره ۵ در تیمارهای مختلف آورده شده است که در تیمارهای حاوی ۰/۴٪ عصاره در مقایسه با تیمار شاهد و حاوی ۰/۲٪ عصاره بالاترین میزان قدرت احیاکنندگی را داشتند. Adeoye و همکاران در سال ۲۰۱۹ به بررسی ترکیبات مغذی و ویژگی‌های حسی آب‌نبات چای ترش پرداختند، آن‌ها در نتایج خود اعلام کردند که با افزایش درصد عصاره در آب‌نبات قدرت احیاکنندگی آهن نیز بالا می‌رود (۷).

میزان DPPH با توجه به جدول شماره ۵ در بازه ۸۵/۵۲ تا ۹۵/۴۹ درصد گزارش شده است. Cedeno-pinos و همکاران در سال ۲۰۲۰ به بررسی عصاره رزماری به عنوان آنتی‌اکسیدان در آب‌نبات شیرین شده با استویا پرداختند، آن‌ها در نتایج خود میزان DPPH را در بازه ۵۳/۹۷ تا ۵۹/۹۸ بیان کردند (۱۹)، که پایین تر از تحقیق حاضر بود، دلیل این تفاوت را نمی‌توان با میزان رسیدگی کاسبرگ مرتبط دانست زیرا میزان DPPH به بالغ شدن کاسبرگ گل بستگی دارد. علاوه بر این فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده شده در عصاره‌ها در طول فرایند رسیدن افزایش می‌یابد همچنین محتوای فنلی به فعالیت آنتی‌اکسیدانی در کاسبرگ کمک می‌کند (۷۸).

میزان رطوبت با توجه به جدول شماره ۵ بین ۸۹/۰۵ تا ۹۱/۲۴ می‌باشد. Adadi و Kanwugu در سال ۲۰۲۰ میزان رطوبت را در نوشیدنی چای ترش در دامنه ۸۹/۷۱ تا ۹۱/۰۵ اعلام کردند (۶).

میزان aw با توجه به جدول شماره ۵ بیان شده است. در تحقیق مشابهی Moura و همکاران (۲۰۱۹) میزان رطوبت در آبنبات ژله-ای را در بازه ۰/۶۶۵ تا ۰/۶۷ اعلام کردند (۵۸).

میزان اسیدیته با توجه به جدول شماره ۵ در بازه ۷/۰۸ تا ۷/۸۴ درصد بوده است. در همین راستا Manjula و همکاران (۲۰۱۸) میزان اسیدیته پیگمینت‌های روسل برای رنگ خوراکی را ۷/۶۵ تا ۸/۳۳ درصد اعلام کردند (۵۲).

میزان آهن در جدول شماره ۵ در تیمارهای مختلف آورده شده، با توجه به جدول میزان آهن با افزایش درصد عصاره در تیمار-های مختلف بالا رفت. در همین راستا Arslaner و همکاران در سال ۲۰۲۰ به بررسی اضافه کردن مارمالاد چای ترش بر روی خواص کیفی و مواد معدنی و خواص آنتی‌اکسیدانی ماست پرداختند، آن‌ها نیز در تحقیق خود اعلام کردند که اضافه کردن مارمالاد چای ترش به طور معناداری بر روی افزایش مقدار آهن تاثیر داشت (۱۴).

میزان بریکس در تیمارهای مختلف پاستیل با توجه به جدول شماره ۵ در دامنه ۸۶ تا ۹۰ بوده است. Moura و همکاران (۲۰۱۹) میزان بریکس آبنبات ژله ای را در دامنه ۸۲ تا ۸۴ گزارش کردند (۵۸).

۳-۵- پارامترهای رنگ سنجی پاستیل

نتایج به دست آمده در مورد شاخص‌های رنگ‌سنجی تیمارهای پاستیل فراوری شده با عصاره و پکتین چای ترش و پکتین تجاری در جدول ۶ به نمایش در آمده است.

جدول ۶. آزمون رنگ سنجی تیمارهای فراوری شده پاستیل.

						تیمار
T6	T5	T4	T3	T2	T1	شاخص
$7/21 \pm 0/45^c$	$7/87 \pm 0/78^c$	$9/98 \pm 0/33^b$	$11/05 \pm 0/49^a$	$11/94 \pm 0/79^a$	$7/77 \pm 0/56^c$	L
$4/90 \pm 0/24^d$	$40/36 \pm 1/02^a$	$27/26 \pm 0/49^c$	$34/89 \pm 0/86^b$	$22/03 \pm 0/51^b$	$4/88 \pm 0/30^d$	a
$45/34 \pm 0/83^a$	$12/52 \pm 0/39^c$	$13/90 \pm 0/79^b$	$12/23 \pm 0/86^c$	$13/97 \pm 0/32^b$	$44/05 \pm 1/03^a$	b

شاخص رنگی *L نماد روشنایی (سیاه تا سفید) را نشان می‌دهد بطوری که هرچه L بیشتر باشد پاستیل روشن تر است. با توجه به نتایج جدول شماره ۶ شاخص رنگی L روند کاهش و افزایشی داشته است. با افزایش میزان جایگزینی عصاره و پکتین چای ترش میزان روشنایی (L) کاهش پیدا کرد. شاخص رنگی *a (رنگ قرمز تندتر) نسبت به تیمارهای با درصد عصاره کمتر افزایش پیدا کرد. هرچه pH کمتر باشد، آنتوسیانین‌ها پایدارتر می‌شوند و بهبود رنگ پاستیل را می‌توان به اثر آنتی‌اکسیدانی آنتوسیانین عصاره و پکتین چای ترش نسبت داد (۵۸).

Cano-Lamadrid و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی پارامترهای کیفی آبنبات ژله ای بر پایه انار پرداختند، آن‌ها نیز در گزارش خود اعلام کردند که با افزایش میزان عصاره انار مقادیر L کاهش و a افزایش پیدا کرد (۲۰). با افزایش درصد عصاره مقدار شاخص

رنگی b* زیادتر شد یعنی رنگ آبی افزایش پیدا کرد که با نتایج Hani و همکاران (۲۰۱۹) که به بررسی خواص فیزیکوشیمیایی و حسی نوشیدنی میکس چای ترش و کلم قرمز پرداختند. آن‌ها در نتایج خود نیز اعلام کردند که با افزودن غلظت بالاتر عصاره کلم قرمز و چای ترش در فرمولاسیون، شاخص رنگی b افزایش پیدا کرد و رنگ مایل به آبی در نمونه‌ها ایجاد شد (۳۵).

۳-۶- بررسی‌های میکروبی پاستیل

نتایج آزمون میکروبی تیمارهای پاستیل فراوری شده با پکتین تجاری و پکتین و عصاره استخراجی از چای ترش در جدول ۷ ثبت شده است.

جدول ۷. آزمون میکروبی تیمارهای مختلف پاستیل.

						تیمار
T6	T5	T4	T3	T2	T1	آزمون
$3/81 \pm 0/03^a$	$2/30 \pm 0/32^c$	$3/19 \pm 0/07^b$	$2/84 \pm 0/09^c$	$3/29 \pm 0/02^a$	$3/80 \pm 0/09^a$	Total CFU (*10 ⁻³)

نتایج میکروبی تیمارها نشان داد که از نظر شاخص سلامت و بهداشتی، محصولات ایمن هستند. با توجه به جدول شماره ۷ با افزایش میزان عصاره چای ترش فعالیت ضد میکروبی نیز افزایش می‌یابد که مشابه نتایج گزارش شده توسط Bariyyah و همکاران در سال ۲۰۲۰ بود آن‌ها اثر آنتی‌باکتریال عصاره چای ترش را بر خصوصیات خون‌شناسی ماهی کپور مورد بررسی قرار دادند که طبق نتایج آنها با افزایش میزان عصاره چای ترش فعالیت ضدباکتریایی نیز بیشتر می‌شود (۱۷). عصاره چای ترش توانایی جلوگیری از رشد باکتری‌ها را دارد که دلیل آن وجود اسیدهای ارگانیک، آنتوسیانین، پلی‌ساکاریدها و فلاونوئیدها در ترکیب آن می‌باشد (۲۷). نتایج Bariyyah و همکاران (۲۰۲۰) در خصوص خاصیت ضد میکروبی عصاره چای ترش در توفیق با این تحقیق بود (۱۷).

ترکیبات فنولیک قادرند ساختارهای مشخصی در دیواره سلولی باکتری‌ها را تغییر داده و با داشتن گروه عاملی هیدروکسیل در ترکیب خود فعالیت هیدروکسیلاسیون را افزایش داده و در نتیجه فعالیت آنتی‌میکروبی بیشتر می‌شود (۲۲). دیگر ترکیبات موجود در عصاره چای ترش آلکالوئیدها، ساپونین‌ها، استروئیدها و تری‌ترپنوئیدها می‌باشند که قادرند به دیواره سلولی باکتری‌ها آسیب بزنند و شرایط سیتوپلاسمی آن‌ها را تغییر می‌دهند (۲۶). تغییر شرایط سیتوپلاسمی و صدمه به دیواره سلولی موجب بیرون ریختن مواد داخل سلولی و مرگ متابولیک باکتری می‌شود (۱۵).

۳-۷- بررسی بافت نمونه‌های پاستیل

جدول ۸ نتایج شاخص‌های بافت سنجی تیمارهای مختلف پاستیل فراوری شده با پکتین تجاری، پکتین و عصاره استخراجی از

چای ترش را نشان می‌دهد.

جدول ۸. بافت سنجی TPA تیمارهای مختلف پاستیل.

						تیمار
T6	T5	T4	T3	T2	T1	آزمون
۱۴۸/۴۲±۰/۴۵ ^b	۱۵۹/۸۸±۲/۳۰ ^a	۱۵۷/۱۷±۱/۴ ^{ab}	۱۴۲/۷۴±۲/۴۱ ^c	۱۴۲/۷۹±۰/۸۲ ^c	۱۵۵/۵۵±۲/۱۵ ^b	سفتی (گرم)
۱۹/۱۹±۰/۲۴ ^a	۱۹/۱۰±۰/۸۱ ^a	۱۸/۱۲±۰/۱۵ ^a	۲۱/۸۳±۰/۹۰ ^a	۲۱/۷۷±۰/۳۶ ^a	۱۹/۲۱±۰/۴۸ ^a	انسجام (گرم)
۰/۹۱±۰/۲۰ ^b	۰/۷۷±۰/۲۰ ^c	۰/۶۸±۰/۰۰ ^d	۰/۹۹±۰/۰۱ ^b	۱/۱۹±۰/۰۱ ^a	۰/۸۰±۰/۰۱ ^{bc}	انعطاف پذیری
۰/۴۶±۰/۰۹ ^{ab}	۰/۳۲±۰/۰۶ ^c	۰/۳۷±۰/۳۷ ^b	۰/۵۷±۰/۰۵ ^a	۰/۵۸±۰/۰۲ ^a	۰/۳۹±۰/۰۳ ^b	چسبندگی (گرم/ ثانیه)

سفتی^۱: به معنای حداکثر نیروی مورد نیاز برای فشردن یک ماده غذایی بین دندان‌ها است (۲۹).

انسجام^۲: به معنای انسجام غذا یا استحکام پیوندهای داخلی که غذا را می‌سازد و میزان خاصیت ارتجاعی آن پیش از پاره شدن اشاره دارد (۲۹).

انعطاف پذیری^۳: به معنای انعطاف پذیری برای اینکه یک نمونه چقدر سریع و با قدرت از تغییر شکل به حالت اولیه بر می‌گردد (۲۹).

چسبندگی^۴: به معنای مقدار نیروی لازم برای غلبه بر نیروی جاذبه بین سطح پروب و نمونه، در نتیجه این پارامتر می‌تواند میزان چسبندگی مواد غذایی را روی دندان‌ها پیش‌بینی کند (۵۴).

با توجه به جدول شماره ۸ میزان سفتی با افزایش غلظت جایگزینی عصاره و پکتین افزایش یافت. بالاترین میزان سفتی در تیمار ۵ مشاهده شد. نتایج سفتی با نتایج Moura و همکاران (۲۰۱۸) همخوانی داشت. به دلیل خاصیت آبدوستی و گروه‌های قطبی پکتین مقدار زیادی آب درگیر می‌شود و ژل چسبناکی تولید می‌کند که ویژگی‌های خود را حتی در دمای نزدیک ۱۰۰ درجه سانتیگراد حفظ می‌کند (۵۸).

¹ Firmness
² Cohesiveness
³ Resilience
⁴ Adhesiveness

با توجه به نتایج جدول شماره ۸ میزان انسجام در همه نمونه‌ها اختلاف معنی داری نداشتند. لازم به ذکر است که انسجام نشان دهنده قدرت برهم کنش‌های بین مولکولی است (۵۷).

نتایج چسبندگی نشان داد که با افزایش غلظت عصاره و پکتین، میزان چسبندگی نسبت به نمونه شاهد کاهش یافته است که این نتایج با تحقیق Rajaei و Mirzaei Moghaddam، ۲۰۲۰ همخوانی داشت (۵۷).

۳-۸- ارزیابی حسی نمونه های پاستیل

نتایج به دست آمده در مورد ویژگی‌های حسی تیمارهای فراسودمند فرموله شده با عصاره چای ترش و پکتین تجاری در جدول ۹ نمایش داده شده است.

جدول ۹. ارزیابی حسی تیمارهای پاستیل فراسودمند.

						تیمار
T6	T5	T4	T3	T2	T1	آزمون
۱/۷	۴/۶	۴/۵	۳/۸	۳	۱/۶	رنگ
۱/۳	۳/۴	۳/۶	۳/۱	۲/۶	۱	طعم
۴/۵	۴/۱	۴	۴/۱	۳/۸	۴/۱	چسبندگی
۴/۵	۴/۳	۴/۶	۴/۶	۴/۱	۴/۵	جویدن
۳/۶	۴/۶	۴	۳/۸	۳/۵	۳/۳	پذیرش کلی

با توجه به جدول شماره ۹ با افزایش درصد عصاره و پکتین چای ترش میزان امتیاز شرکت کنندگان برای پارامترهای رنگ، چسبندگی، جویدن و پذیرش کلی بالاتر رفته است. در تحقیقی مشابه Agnes و همکاران در سال ۲۰۲۱ اثر گلبرگ های چای ترش به همراه پشن فروت (*Passiflora edulis*) بر نوشیدنی های ژله‌ای مورد بررسی قرار دادند (۸) که نتایج ارزیابی حسی آنها نشان داد امتیاز رنگ با افزایش جایگزینی عصاره چای ترش (۵/۷۴۴) بالاترین امتیاز را داشت که دلیل آن وجود آنتوسیانین در عصاره چای ترش و ایجاد رنگ قرمز در محصول بود، که این نتیجه با نتایج به دست آمده در این تحقیق در هماهنگی است.

در تحقیقی دیگر به شکل مشابه Adeoye و همکاران (۲۰۱۹) خواص حسی و تغذیه‌ای آب نبات تهیه شده از عصاره چای ترش را مورد بررسی قرار دادند که نتایج آنها نشان داد بهترین امتیاز عطر، طعم، شیرینی و پذیرش کلی در تیمار ۱۰٪ نسبت به تیمار ۵٪

عصاره ثبت گردید که این نتایج نیز در هماهنگی با تحقیق حاضر بود (۷). همچنین Sara و Awad Amira (۲۰۱۹) خواص عصاره چغندر قرمز (لبو) (*Beta vulgaris L.*) و چای ترش (*H. sabdariffa*) را در تولید ژله خوراکی مورد بررسی قرار دادند (۷۳) که نتایج آنها در بین ۳ سطح جایگزینی عصاره چای ترش (۲۰٪، ۵۰٪ و ۷۵٪) در مورد طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی بالاترین مقدار را در تیمارهای ۲۵٪ و ۵۰٪ عصاره چای ترش نشان داد، بنابراین مشابه نتایج این تحقیق میتوان نتیجه گرفت عصاره کاسبرگ چای ترش میتواند شاخص‌های حسی را بهبود بخشیده و از لحاظ تغذیه‌ای محصولی غنی از مواد مغذی تولید می‌کند.

۴- نتیجه گیری نهایی

طبق نتایج حاصل از ترکیبات بیوشیمیایی و فلاونوئیدی موجود در عصاره چای ترش میتوان نتیجه گرفت این گیاه پتانسیل بالایی جهت جایگزین به عنوان یک افزودنی طبیعی با مشتقات سنتزی را دارا است، به طوریکه میتوان از آن به عنوان یک عامل رنگ دهنده طبیعی و نگهدارنده در مواد غذایی استفاده کرد. نتایج به دست آمده نشان داد تیمارهای پاستیل دارای پکتین و ترکیبات زیست فعال موجود در عصاره چای ترش نسبت به تیمار دارای پکتین تجاری خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بهتری داشته، همچنین برترین تیمار در این مطالعه تیمار T5 با ۶ گرم پکتین استخراجی و ۴٪ عصاره معرفی گردید.

۵- منابع:

۱. حیدری، ا.، وردست، م.، یگانه زارع، س.، افرنگ، ن.، فهیمی، س. ۱۳۹۵. اندازه گیری و مقایسه مقدار اسیدفولیک در آردهای غنی شده و نان به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) در شهر ارومیه. مجله مطالعات علوم پزشکی. جلد ۲۷. دوره ۲۷. شماره ۳: ۱۹۷-۱۸۷.
۲. رنجبر، ن.، حیدری، ر.، جامعی، ر. ۱۳۹۶. بررسی و ارزیابی میزان ترکیبات اسیدهای فنولی و پلی فنولیک چند رقم فلفل (*capsicum annum L.*) با روش کروماتوگرافی بالا. فصلنامه علمی-پژوهشی بیولوژی کاربردی. دوره ۷. شماره ۲۷: ۳۰-۲۳.
۳. عرب سرخی، ف.، صفایان، ش.، سلیمی، ل. ۱۳۹۶. مقایسه خاصیت آنتی اکسیدانی پاستیل غنی سازی شده با جلبک *chrorella vulgaris* با پاستیل معمولی. مجله پژوهش علوم و فنون دریایی. دوره ۱۲. شماره ۱: ۶۴-۷۱.
۴. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۸۸. فرآورده های ژله ای- ویژگی ها و روش های آزمون، شماره ۲۶۸۲، چاپ دوم.

5. Abedi, A., Zabihzadeh, M., Hoseini, H., Eskandari, S. & Ferdosi, R. 2018. Measurement of lead, cadmium, iron and zinc metals in meat products offered in Tehran. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 13(3): 93-102.
6. Adadi, P., and Kanwugu, O. N. 2020. Potential application of *tetrapleura tetraptera* and *hibiscus sabdariffa* (*malvaceae*) in designing highly flavoured and bioactive pito with functional properties. *Beverages*. 6(2): 22.
7. Adeoye, B. K., Ngozi, E. O., Ajuzie, N. C., Ani, I. F., Akinlade, A. R. and Okunola, T. L. 2019. Nutrient Composition and Sensory Qualities of *Hibiscus Sabdariffa* (Sorrel) Candy. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*. 13 (6): 51-55.
8. Agnes, T., Suhaidi, I. and Yusraini, E. 2021. Effect of comparison of roselle flower petals extract with passion fruit juice and konjac flour concentration on the quality of jelly drinks. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 782 (3):032072.
9. Akhbari, M., Haeri, M. and Babaei, M. 2014. Evaluation of anthocyanin level and cytotoxicity activity in different extracts of plant skin (*Solanum melongena L.*). *Journal of Qom University of Medical Sciences*. 8(3): 11-17.
10. Amamcharla, J. K. and Metzger, L. E. 2014. Modification of the ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay to determine the susceptibility of raw milk to oxidation. *International Dairy Journal*. 34(2): 177-179.
11. Amlashi, H. A., Madani, H., Sonboli, A., Khaghani, S., and Ramezani, M. 2020. Volatile composition of the leaves and calyces essential oil of roselle (*Hibiscus sabdariffa L.*) from Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 23(4): 743-755.
12. AOAC International. (2005). Official methods of analysis of AOAC International. *AOAC International*.
13. Apaliyaa, M. T., Kwaw, E., Mahunu, G. K., Osei-Kwarteng, M., Osa, R. and Azirigo, M. 2021. Nutritional properties and feeding values of *Hibiscus sabdariffa* and their products. In *Roselle (Hibiscus sabdariffa)*. 137-154.
14. Arslaner, A., Salik, M.A. and Bakirci, İ. 2021. The effects of adding *Hibiscus sabdariffa L.* flowers marmalade on some quality properties, mineral content and antioxidant activities of yogurt. *Journal Food Science Technology*. 58: 223–233.
15. Ayu, P., Devi, C., Zubaidah, E. and Sriherfyna, F. H. 2016. Physical-chemistry characteristics and antibacterial activity of Bilimbi (*Averrhoa bilimbi L.*) leaves extract. *Food Journal Agroind*. 4(1): 400-409.
16. Bahrami Feridoni, S. and Khademi Shurmasti, D. 2020. Effect of the nanoencapsulated sour tea (*Hibiscus sabdariffa L.*) extract with carboxymethylcellulose on quality and shelf life of chicken nugget. *Food Science Nutr*. 8:3704–3715.

17. Bariyyah, S. K., Prajitno, A. and Yuniarti, A. 2020. Utilization of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) METHANOL EXTRACT ON HEMATOLOGY OF CARP (*Cyprinus carpio*) INFECTED BY *AEROMONAS HYDROPHILA*. *The Journal of Fisheries Development*. 4(1): 51-55.
18. Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. L. W. T. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*. 28(1): 25-30.
19. Cedeño-Pinos, C., Martínez-Tomé, M., Murcia, M.A., Jordán, M.J., Bañón, S. 2020. Assessment of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Extract as Antioxidant in Jelly Candies Made with Fructan Fibres and Stevia. *Antioxidant*. 9: 1289.
20. Cano-Lamadrid, M., Calín-Sánchez, Á., Clemente-Villalba, J., Hernández, F., Carbonell-Barrachina, Á.A., Sendra, E. and Wojdyło, A. 2020. Quality Parameters and Consumer Acceptance of Jelly Candies Based on Pomegranate Juice “*Mollar de Elche*”. *Foods*. 9: 516.
21. Chan, S. Y., Choo, W. S., Young, D. J. and Loh, X. J. 2017. Pectin as a rheology modifier: Origin, structure, commercial production and rheology. *Carbohydrate polymers*. 161: 118-139.
22. Cowan, M. M. 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*. 12(4): 564-582.
23. Deli, M., Nguimbou, R. M., Baudelaire, E. N., Yanou, N. N., Scher, J. and Mbofung, C. M. 2020. Effect of controlled differential sieving processing on micronutrient contents and in vivo antioxidant activities of *Hibiscus sabdariffa* L. calyxes powder. *Food Science and Biotechnology*. 29(12): 1741-1753.
24. Diener, M., Adamcik, J., Sánchez-Ferrer, A., Jaedig, F., Schefer, L. and Mezzenga, R. 2019. Primary, secondary, tertiary and quaternary structure levels in linear polysaccharides: From random coil, to single helix to supramolecular assembly. *Biomacromolecules*. 20(4): 1731-1739.
25. Doi, H., Watanabe, E., Shibata, H. and Tanabe, S. 2009. A reliable enzyme linked immunosorbent assay for the determination of bovine and porcine gelatin in processed foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57(5): 1721-1726.
26. Dzulkarnain, B. D. and Sundari, A. 1996. Antibacterial medicinal plants in Indonesia. *Cermin Dunia Kedokteran*. 110: 35-48.
27. Eggensperger, H. and Wilker, M. 1996. Hibiscus-Extrakt: Ein hautverträglicher Wirkstoffkomplex aus AHA's und polysacchariden. Teil 1. *Parfümerie und Kosmetik*. 77(9):522-523.
28. El-Baily, A.R. 2016. Chemical, microbiological and sensory evaluation of probiotics beverages prepared with permeate and rosella. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Science*. 5(1): 802-811.
29. El- Latif, M., Hanan, A., Abd El, A. and Azza A Kamal, E. 2022. Utilization of some natural plants sources in producing new product (gummy jelly candy). A. Utilization of some natural plants sources in producing new product (gummy jelly candy). *International Journal of Family Studies, Food Science and Nutrition Health*. 3(2): 40-63.

30. El Sherif, F., Khattab, S., Ghoname, E., Salem, N. and Radwan, K. 2011. Effect of gamma irradiation on enhancement of some economic traits and molecular changes in *Hibiscus sabdariffa* L. *Life Science Journal*. 8(3): 220-229.
31. Girma, E. and Worku, T. 2016. Extraction and characterization of pectin from selected fruit peel waste. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 6(2):447-454.
32. Gonzalez-Palomares, S., Estarrón-Espinosa, M., Gómez-Leyva, J. F. and Andrade-González, I. 2009. Effect of the temperature on the spray drying of roselle extracts (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Plant foods for human nutrition*. 64(1): 62-67.
33. Hagr, T. and Adam, I. 2020. Phytochemical analysis, antibacterial and antioxidant activities of essential Oil from *hibiscus sabdariffa* (L) Seeds, (Sudanese Karkadi). *Progress in Chemical and Biochemical Research*. 3(3): 194-201.
34. Halim, Y., Evelyne, C., Rosa, D. and Ramli, S. 2022. Development of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Calyx Jelly Candy. Caraka Tani: *Journal of Sustainable Agriculture*. 37 (2): 357-372.
35. Hani, M., Zaiton, H., Faridah, H. and Norlelawati. 2019. Physico-chemical properties and sensory acceptance of mixed drinks of red cabbage (*Brassica oleracea* L.) and roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extracts. *International Food Research Journal*. 26(2): 671-677
36. Harati-Farzaghi, M., Sharifi, A. and Estiri, H. 2016. Optimization of the production modified beneficial pastilles from seedless barberry fruit by surface response methodology. *Innovation in food science and technology*. 9(1): 125-137.
37. Hatamnia, A. A., Abbaspour, N. and Darvishzadeh, R. 2014. Antioxidant activity and phenolic profile of different parts of Bene (*Pistacia atlantica* subsp. *kurdica*) fruits". *Food Chem*. 145: 306–311.
38. Ichinose, N., Tsuneyoshi, T., Kato, M., Suzuki, T. and Ikeda, S. 1993. Fluorescent high-performance liquid chromatography of folic acid and its derivatives using permanganate as a fluorogenic reagent. *Fresenius' journal of analytical chemistry*. 346(6): 841-846.
39. Idowu-Adebayo, F., Toohey, M. J., Fogliano, V. and Linnemann, A. R. 2021. Enriching street-vended zobo (*Hibiscus sabdariffa*) drink with turmeric (*Curcuma longa*) to increase its health-supporting properties. *Food & Function*. 12(2): 761-770.
40. Iranian Institute of Standards and Industrial Research. 1992. Method of preparing softened Roselle tea sample and measuring its dry matter. *Microbiology of food and animal feed*. No. 3272.
41. Iranian Institute of Standards and Industrial Research. 2007. Measure the amount of raw Roselle fiber. *Microbiology of food and animal feed*, No. 3394.
42. Iranian Institute of Standards and Industrial Research. 2014. a comprehensive method for the total count of microorganisms at 30 degrees Celsius. *Microbiology of food and animal feed*, No. 5272, first edition.

43. Jafarian, S., Mortazavi, A., Kenari, R. S. and Rad, A. E. 2014. *Total phenolic content & antioxidant activity of roselle (Hibiscus sabdariffa L.) calyces' extracts* (No. RESEARCH).
44. Kalla, M. L. M., Jong, E. N., Kayem, J. G., Sreekumar, M. M. and Nisha, P. 2015. Effect of reextraction parameters and drying temperature on the antioxidant properties and dietary fiber of red sorrel (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyces residues. *Ind. Crop. Prod.* 74:680–688.
45. Kaveh, S., Sadeghi, M. A., Sarabandi, K., Geraeli, Z. and Ghasemnejad, A. 2018. Investigation of physicochemical properties of spray dried stevia extract and its application as a sugar substitute in the production of aloe Vera gel. *Journal of Food Science.* 85(15): 125-139.
46. Keyata, E. O., Tola, Y. B., Bultosa, G. and Forsido, S. F. 2020. Proximate, mineral, and anti-nutrient compositions of underutilized plants of Ethiopia: Figl (*Raphanus sativus* L.), Girgir (*Eruca sativa* L) and Karkade (*Hibiscus sabdariffa*): Implications for in-vitro mineral bioavailability. *Food Research International.* 137: 109724.
47. Lauren, P. A. 2021. Pemanfaatan bubuk ekstrak bunga rosella merah (*hibiscus sabdariffa* L.) sebagai pewarna alami pada permen jelly= Utilization of red roselle flower (*hibiscus sabdariffa* L.) extract powder as a natural colorant in jelly candy (*Doctoral dissertation, Universitas Pelita Harapan*).
48. Lin, H., Charles, A.L., Hsieh, C., Lee, Y. and Ciou, J.Y. 2015. Antioxidant effects of 14 Chinese traditional medicinal herbs against human low-density lipoprotein oxidation. *Journal Tradit Compl Med.* 5: 51–55.
49. Ma'adanipour, M. and Sharifi, A. 2017. Evaluation of physicochemical characteristics of spray dried stevia extract and its application as a substitute for sugar in the production of Aloe Vera jelly. *Journal of Food Science.* 85(15): 125-139.
50. Maciel, L. G., do Carmo, M. A. V., Azevedo, L., Daguier, H., Molognoni, L., de Almeida, M. M. and Rosso, N. D. 2018. Hibiscus sabdariffa anthocyanins-rich extract: Chemical stability, in vitro antioxidant and antiproliferative activities. *Food and Chemical Toxicology.* 113: 187–197.
51. Mai, H. C., Nguyen, T. S. V., Le, T. H. N., Nguyen, D. C. and Bach, L. G. 2019. Evaluation of Conditions Affecting Properties of Gac (*Momordica Cochinchinensis Spreng*) Oil-Loaded Solid Lipid Nanoparticles (SLNs) Synthesized Using High-Speed Homogenization Process. *Processes.* 7(2): 90.
52. Manjula, G.S., Krishna, H.C. Chirag Reddy, M., Karan, M. and Mohan Kumar, M. 2018. Effect of Storage Temperature on Various Parameters of Extracted Pigment from Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Calyces for Edible Colour. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sciense.* 7(1): 3382-3390
53. Marak, S., Shumilina, E., Kaushik, N., Falch, E. and Dikiy, A. 2021. Effect of Different Drying Methods on the Nutritional Value of *Hibiscus sabdariffa* Calyces as Revealed by NMR Metabolomics. *Molecules.* 26(6): 1675.

54. Masmoudi, M., Besbes, S., Blecker, C. and Attia, H. 2010. Preparation and characterization of jellies with reduced sugar content from date (*Phoenix dactylifera* L.) and lemon (*Citrus limon* L.) by-products. *Fruits*. 65 (1): 21- 29.
55. Mellinas, C., Ramos, M., Jiménez, A. and Garrigós, M. C. 2020. Recent trends in the use of pectin from agro-waste residues as a natural-based biopolymer for food packaging applications. *Materials*. 13(3): 673.
56. Mercado-Mercado, G., Blancas-Benitez, F. J., Velderrain-Rodríguez, G. R., Montalvo-González, E., González-Aguilar, G. A., Alvarez-Parrilla, E. and Sáyago-Ayerdi, S. G. 2015. Bioaccessibility of polyphenols released and associated to dietary fibre in calyces and decoction residues of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Journal of functional foods*. 18:171-181.
57. Mirzaee Moghaddam, H. and Rajaei, A. 2021. Effect of Pomegranate Seed Oil Encapsulated in Chitosan-capric Acid Nanogels Incorporating Thyme Essential Oil on Physicomechanical and Structural Properties of Jelly Candy. *Journal of Agricultural Machinery*. 11 (1): 55- 70.
58. Moura, S. C., Berling, C. L., Garcia, A. O., Queiroz, M. B., Alvim, I. D. and Hubinger, M. D. 2019. Release of anthocyanins from the hibiscus extract encapsulated by ionic gelation and application of microparticles in jelly candy. *Food Research International*. 121: 542-552.
59. Mungole, A. and Chaturvedi, A. 2011. *Hibiscus sabdariffa* L. a rich source of secondary metabolites. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 6(1): 83-87.
60. Nateghi, L., Ansari, S. and Shahab Lavasani, A. R. 2017. Investigation of yield and physicochemical properties of pectin extracted from eggplant peel. *Food Science and Technology*, 73(14): 13- 30
61. Nayak, P., Tandon, D. K. and Bhatt, D. K. 2012. Study on changes of nutritional and organoleptic quality of flavored candy prepared from aonla (*Emblica officinalis* G.) during storage. *International Journal of Nutrition and Metabolism*. 4(7): 100-106.
62. Ndong, M., Faye, N. S., Bassama, J. and Cisse, M. 2018. Stability of concentrated extracts of *Hibiscus sabdariffa* L. calyx during storage at different temperatures. *African Journal of Food Science*. 12(12): 347-352.
63. Nguyen, M. P. 2021. Physicochemical characteristics, viability of starters, total phenolics and antioxidant activities of functional yoghurt supplemented with extracts from *Hylocereus polyrhizus*, *Hibiscus sabdariffa* and *Peristrophe bivalvis*. *Plant Science Today*. 8(1): 149-154.
64. Nguyen, N. Q., Nguyen, M. T., Nguyen, V. T., Le, V. M., Trieu, L. H., Le, X. T. and Hung, T. T. 2020. The effects of different extraction conditions on the polyphenol, flavonoids components and antioxidant activity of *Polyscias fruticosa* roots. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 736(2): 022067).
65. Nhi, T. T. Y., Vu, N. D., Quyen, N. N., Thinh, P. V., Tho, N. T. M. and Truc, T. T. 2020. The effect of malt, pectin, and gelatin concentrations on elasticity, color and sensory evaluation of

- soursop (*Annona muricata L.*) jelly candy. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 991(1): 012013).
66. Parsa-Motlagh, B. and Yazdani-Biuki, R. 2017. Investigation of some phytochemical traits of *Hibiscus sabdariffa* under the influence of nutrition and irrigation systems. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 33(6):928-940.
 67. Peredo Pozos, G.I., Ruiz-López, M.A., Zamora Nátera, J.F., Álvarez Moya, C., Barrientos Ramírez, L., Reynoso Silva, M., Rodríguez Macías, R., García-López, P.M., González Cruz, R., Salcedo Pérez, E. and Vargas Radillo, J.J. 2020. Antioxidant Capacity and Antigenotoxic Effect of *Hibiscus sabdariffa L.* Extracts Obtained with Ultrasound-Assisted Extraction Process. *Appl. Science*. 10:560.
 68. Peter, E., Susan, F., Rumisha Kijakazi, O., Mashoto Omary, M. S. and Minzi, Sayoki Mfinanga. 2017. Efficacy of standardized extract of *Hibiscus sabdariffa L.* (Malvaceae) in improving iron status of adults in malaria endemic area: A randomized controlled trial, *Journal of Ethnopharmacology*. 209, 288-293.
 69. Rahimi, S. and Ghahghayi, A. 2015. Protective effect of aqueous extract of Roselle plant on preventing the accumulation of alpha-lactalbumin protein, *Journal of Plant Research*. 30(2): 357-366.
 70. Saboura A, Ahmadi A, Zeynali A. and Parsa M. 2014. Comparison Between the Contents of Phenolic and Flavonoid Compounds and Aerial Part Antioxidant Activity in *Scutellaria pinnatifida* in Two NorthIranian Populations. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2014; 13(3): 249-66. Farsi
 71. Sadeghi, F., shahidi, F., kouchaki, A. and Mohebbi, A. 2016. almonds gummy candiy formulations (Mac gels) on sensory properties, texture, color parameters and water activities. *Iranian journal of food science and technology*. 13(50):207-218.
 72. Salami, S. O. and Afolayan, A. J. 2020. Suitability of Roselle-*Hibiscus sabdariffa L.* as raw material for soft drink production. *Journal of Food Quality*.
 73. Sara, M. S. and Awad Amira, M. 2019. Usage of red beet (*Beta vulgaris L.*) and roselle (*Hibiscus sabdariffa L.*) in jelly production. *International Journal of Enviroment*. 8(2): 142-150.
 74. Seiam, R. 2021. Evaluation of Low Calorie Roselle Beverage. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*. 59(3): 495-504.
 75. Shen, C. Y., Zhang, T. T., Zhang, W. L. and Jiang, J. G. 2016. Anti-inflammatory activities of essential oil isolated from the calyx of *Hibiscus sabdariffa L.* *Food & function*. 7(10): 4451-4459.
 76. Sindi, H. A., Marshall, L. J. and Morgan, M. R. A. 2014. Comparative chemical and biochemical analysis of extracts of *Hibiscus sabdariffa*. *Food Chemistry*. 164: 23 - 29.
 77. Singh, M., Thrimawithana, T., Shukla, R. and Adhikari, B. 2021. Extraction and characterization of polyphenolic compounds and potassium hydroxycitrate from *Hibiscus sabdariffa*. *Future Foods*, 100087.

78. Siti, A., Mohd, A., Che, R., Che, M. and Jalifah, L. 2019. Comparison of phenolic constituent in *Hibiscus sabdariffa* cv. UKMR-2 calyx at different harvesting times. *Sains Malaysiana*. 48 (7):1417-1424.
79. Sonia, G., Sáyago-Ayerdi, S., Arranz, J. and Serrano, I. G. 2007. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55 (19):7886-7890.
80. Vasco, C., Ruales, J. and Kamal-Eldin, A. 2008. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food chemistry*. 111(4): 816-823.
81. Yayla, M. E. A. and Ekinci Doğan, C. 2021. Development of a new and sensitive method for the detection of pork adulteration in gelatin and other highly processed food products. *Food Additives & Contaminants. Part A*, 1-11.
82. Yoo, Y.H., Lee, S., Kim, K.O., Kim, Y.S. and Yoo, S. H. 2009. Functional characterization of the gel prepared with pectin methylesterase (PME)-treated Pectins. *International Journal of Biological Macromolecules*. 45: 226-230.
83. Zdunek, A., Piotr, M. and Pieczywek Justyna, C. 2021. The primary, secondary, and structures of higher levels of pectin polysaccharides. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 20(1): 1101-1117.

Evaluation of qualitative and sensory properties of pastilles prepared from pectin and Roselle extract (*Hibiscus sabdariffa* L.)

Nafiseh Nasir mosallam¹, Sara jafarian^{2*}, Leyla Roozbeh nasiraei², Maryam Yousef pour²

PhD. Student of Noor Branch, Islamic Azad University, Noor, Islamic Republic of Iran

Department of food science and technology, Noor branch, Islamic Azad University, Noor, Islamic Republic of Iran

Correspondence

Email: Drsjafarian@yahoo.com

Abstract

The purpose of this research is to replace pectin extracted from roselle with commercial gelatin and use the natural extract of roselle as a source of natural color and edible acid in pastille treatments. Roselle plant extract is widely used in food and pharmaceutical industries. 6 gr of extracted pectin from roselle, 6 gr of commercial pectin+0.2% extract, 6 gr of commercial pectin+0.4% extract, 6 gr of extracted pectin from roselle +0.2% extract, 6 gr of extracted pectin from roselle +0.4% extract and 6 gr of commercial pectin+0% extract were selected. Biochemical compounds of all treatments were evaluated with standard methods and flavonoid compounds were evaluated using HPLC method. The results obtained regarding the quality parameters of the prepared pastille samples were as follows: the highest amount of vitamin C, anthocyanin, total phenol compounds, FRAP and DPPH in treatment 5 (6 gr of extracted pectin from roselle +0.4% extract) (71.20) mg/g (1.89)%, respectively (15.412) mg/g, (539.66) Millimol/gram and (95.49)% were recorded. According to the results obtained in the colorimetric test, the highest values of L*, a* and b* were reported in T2(6 gr of commercial pectin+0.2% extract) (11.94), T5(6 gr of extracted pectin from roselle +0.4% extract) (40.36) and T6 (6 gr of commercial pectin+0% extract)(45.34) respectively. According to histological results, the highest values of Firmness, Cohesiveness, Resilience and Adhesiveness indices were observed in T5 (159.88), T3 (21.83), T2 (1.190) and (0.58) treatments, respectively. Finally, the best results related to sensory evaluation test indicators are color of treatment T5 (4.6), taste of treatment T5 (4.3), stickiness of treatment T6 (4.5), chewability of treatment T3 و T4 (4.6) and overall acceptability of treatment T5 (4.6). According to the results, the treatment of 0.4% roselle extract and 6 grams of extracted pectin had the highest score in terms of chemical, physical and sensory tests

Keywords: Roselle extract, pastille, antioxidant activity, pectin