



استفاده از روش‌های مختلف حرارتی و غیرحرارتی به منظور تانن‌زدایی صمغ فارسی

پردیس قاسمی^۱، فاطمه آذری‌کیا^{۲*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه فناوری صنایع غذایی، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)،

دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

۲- استادیار، گروه فناوری صنایع غذایی، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)،

دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران.

اطلاعات مقاله

چکیده

صمغ فارسی یک هیدروکلوئید بومی ایرانی است که از تنه و شاخه‌های درخت بادام کوهی به دست می‌آید. از لحاظ ظاهری، این صمغ دارای رنگ‌های مختلفی است که بین رنگ و میزان تانن موجود در آن رابطه مستقیم وجود دارد: هر چه تانن بیشتر، رنگ تیره‌تر. تانن به عنوان یک ماده ضد تغذیه‌ای مطرح است، چرا که می‌تواند پروتئین‌ها و عناصر کم مقدار را از دسترس خارج کند. لذا، تانن‌زدایی صمغ فارسی می‌تواند منجر به افزایش کیفیت و نیز میزان کاربرد و حجم مورد استفاده از صمغ در صنعت غذا شود. بنابراین، هدف از این تحقیق استفاده از روش‌های مختلف حرارتی و غیرحرارتی به منظور تانن‌زدایی صمغ فارسی بود. در این راستا، از تیمارهای خیساندن در آب و محلول‌های نمکی (یک یا دو ظرفیتی) به عنوان روش‌های غیرحرارتی استفاده شد. از طرف دیگر، اتوکلاو کردن (۱۲۱ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه) و جوشاندن (۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه) به عنوان روش‌های حرارتی جهت کاهش میزان تانن صمغ‌های فارسی تفکیک شده در ۳ دسته بر اساس رنگ (سفید، زرد و قهوه‌ای) مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین، تاثیر تانن‌زدایی بر میزان کاهش وزن گرانول‌های صمغ و ویژگی‌های رئولوژیکی آن مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین میزان کاهش تانن متعلق به صمغ فارسی قهوه‌ای بود که بالاترین بازدهی تانن‌زدایی به تیمارهای خیساندن به مدت ۱۸۰ دقیقه ($0.25 \pm$ و $75/67$ درصد)، تیمار گرانول‌های صمغ با محلول کلرید کلسیم ۱ درصد ($0.54 \pm$ و $74/32$ درصد) و جوشاندن به مدت ۱۵ دقیقه ($0.19 \pm$ و $67/08$ درصد) تعلق داشت ($p < 0.05$). طبق آزمون‌های رئولوژیکی، گرانیروی ظاهری نمونه‌های خیسانده شده در آب، خیسانده شدن در محلول کلرید کلسیم و جوشانده شده در مقایسه با نمونه شاهد بیشتر بود، اگرچه تانن‌زدایی تغییری بر نوع رفتار جریان‌ی نمونه‌های تیمار شده نداشته و مناسب‌ترین مدل برای نمونه‌های شاهد و تیمار شده مدل هرشل-بالکلی بود.

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۲۶

کلمات کلیدی:

حذف تانن،

رنگ،

صمغ‌های بومی،

خیساندن،

ویژگی‌های رئولوژیکی.

DOI: 10.22034/FSCT.20.136.117

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.136.10.8

مسئول مکاتبات:

azarikia@ut.ac.ir

۱- مقدمه

پلی ساکاریدها کاربردهای گسترده ای در صنعت غذا دارند؛ به عنوان مثال، برای بهبود بافت، ایجاد ژل، پایداری سازی امولسیون ها، نگهداری آب و ... مورد استفاده قرار می گیرند [۱ و ۲]. صمغ فارسی که با اسامی دیگری مانند زرد یا صمغ شیرازی نیز نامگذاری شده است یک صمغ بومی ایرانی است که از تنه و شاخه درخت یا درختچه بادام کوهی تراوش می شود. گیاه تراوش کننده این صمغ متعلق به مناطق جنگلی ارسباران و زاگرس است [۱ و ۳]. از ترکیبات شیمیایی سازنده این پلی- ساکارید اسیدی می توان به کربوهیدرات (۹۰-۸۲ درصد وزنی/وزنی)، تانن (حدود ۰/۶ درصد وزنی/وزنی)، یون های معدنی دو ظرفیتی (Zn, Fe, Mg و Ca) و تک ظرفیتی (K و Na) و ... اشاره نمود [۳].

از لحاظ ظاهری، این صمغ در رنگ های سفید، زرد روشن، زرد تیره، قهوه ای روشن، قهوه ای تیره، کهربایی یا قرمز در طبیعت یافت می شود و چنانچه از پودر هر یک از آنها پراکنشی (دیسپرسیونی) تهیه گردد، رنگ پراکنش حاصل از رنگ پودر مورد استفاده، متاثر خواهد بود که می تواند در رنگ محصول نیز تاثیر داشته باشد [۳]. هم- چنین، گزارش ها حاکی از آن است که رنگ صمغ با مقدار تانن موجود در آن ارتباط دارد؛ به طوری که، صمغ های تیره نسبت به صمغ های روشن تانن بیشتری دارند [۱].

با توجه به افزایش کاربرد ترکیبات پایداری کننده، امولسیون کننده در صنعت غذا، تمایل مصرف کننده به مصرف غذاهای دارای افزودنی های طبیعی و نیز تولید چشم گیر و قیمت پایین صمغ فارسی در کشور، به نظر می رسد که استفاده از صمغ فارسی بایستی بیشتر مورد توجه قرار گیرد [۳] و از آنجایی که هیدروکلوئیدها نباید باعث تغییر رنگ محصول شوند، تانن زدایی از صمغ های فارسی با رنگ زرد و قهوه ای الزامی به نظر می رسد. چرا

که تانن، به عنوان یک ترکیب ضدتغذیه ای شناخته شده و گروه های جانشین ارتو و متادی هیدروکسی موجود روی حلقه فنولی آن ها تمایل زیادی به شلاته کردن یون های فلزی دارند و اغلب کمپلکس های رنگی تشکیل می دهند [۴ و ۵]. در ادامه به برخی از مطالعات انجام شده روی صمغ فارسی پرداخته می شود:

عباسی و محمدی در سال ۲۰۱۳ گزارش کردند که افزودن هیدروکلوئیدی جاذب مانند بخش محلول صمغ فارسی می تواند در ایجاد پایداری مخلوط شیر-آب پرتغال موثر باشد. نتایج بررسی نشان داد که غلظت ۱ درصد صمغ با افزایش گرانیوی ظاهری از ۷/۶ به ۹۶/۳ میلی- پاسکال در ثانیه به موجب افزایش گسترده زنجیره ها و تجمع پلی سبب پایداری سامانه شد. به علاوه، بخش محلول صمغ با مسیل های کازئین پیوند داده و با ایجاد دافعه الکترواستاتیکی و فضایی، سبب پایداری بیشتر سامانه گردید [۶]. آذری کیا و عباسی در سال ۲۰۱۶ به بررسی استفاده از کمپلکس پروتئین و صمغ فارسی در پایداری امولسیون در برابر تنش های محیطی پرداختند. بر اساس یافته های بدست آمده، با تشکیل کمپلکس پروتئین شیر-بخش محلول صمغ فارسی رسوبی در محدوده وسیعی از pH (۷-۲) مشاهده نشد [۷]. تیموری و همکاران در سال ۲۰۱۷ کاربرد صمغ فارسی در پایداری مخلوط شیر-آب آلبالو را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که صمغ فارسی در غلظت ۲ درصد وزنی/حجمی با ممانعت از تجمع مسیل های کازئین و با به دام انداختن ذرات مخلوط در شبکه ای گرانیو موجب پایداری مخلوط شیر-آب آلبالو شد [۸]. علیرغم تاثیر مثبت صمغ فارسی بر پایداری سامانه های غذایی هنوز توجه ویژه ای در راستای حذف تانن به عنوان ماده ضدتغذیه ای و ایجادکننده رنگ صورت نگرفته است.

تانن‌ها پلی‌فنل‌های گیاهی با وزن مولکولی در محدوده گسترده‌ای (۵۰۰ تا بیش از ۳۰۰۰ دالتون) هستند که بعد از سلولز، همی‌سلولز و لیگنین به عنوان چهارمین و فراوان‌ترین جزء سازنده گیاهان مورد توجه قرار می‌گیرند [۹]. این ترکیبات به مقدار زیادی در پوسته درختان برای ایجاد مقاومت در برابر میکروارگانیسم‌ها و حفاظت از درخت به صورت پودر، بافت اسفنج مانند یا ورقه وجود دارند [۱۰]. صمغ فارسی به دلیل تماس مستقیمی که با تنه درخت دارد قادر است که تانن‌ها را از درخت جذب نماید [۱]. لذا، حاوی مقدار قابل توجهی تانن می‌باشد [۳]. به طور کلی، تانن‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱- تانن‌های متراکم یا فشرده (پرو آنتوسیانیدین‌ها) که بسیار-های متشکل از واحدهای فلاوان می‌باشند و می‌توانند در اسید قوی یا در محلول اسیدی به همراه گرمادهی تجزیه شده و آنتوسیانیدین تولید کنند، ۲- تانن‌های قابل هیدرولیز (استرهای قابل هیدرولیز) که استرهای گالیک یا هگزاهیدروکسی دی‌فینیک اسید با گلوکز و یا سایر پلی-ال‌ها هستند که به راحتی در حضور اسید، باز و آنزیم یا توسط حرارت به همراه اسید ضعیف یا آنزیم قابل تجزیه به قندها و اسید کربوکسیلیک هستند [۱۱، ۱۲ و ۱۳]. از جمله عمده‌ترین گروه‌های تانن‌های قابل هیدرولیز می‌توان به گالاتانن‌ها و الاجی‌تانن‌ها اشاره کرد [۱۴]. از طرف دیگر، لازم به ذکر است که تانن به عنوان عامل ضد تغذیه‌ای شناخته می‌شود، زیرا با عناصر کم مقداری مانند آهن، کلسیم و روی کمپلکس تشکیل داده و باعث کاهش جذب و فراهمی زیستی آن‌ها می‌شود؛ در نتیجه، می‌تواند بیماری‌هایی مانند کم خونی، پوکی استخوان و ... را ایجاد کند [۱۰، ۱۵ و ۱۶]. به علاوه، این ترکیبات می‌توانند با ویتامین‌های B₁₂ و A کمپلکس تشکیل داده و فراهمی زیستی آن‌ها را کاهش دهند [۱۴]. همان‌گونه که اشاره شد، تانن‌های موجود در رژیم غذایی توانایی تشکیل کمپلکس با ماکرومولکول‌هایی مانند پروتئین‌های مواد

غذایی را داشته و آن‌ها را از دسترس خارج می‌کنند [۱۰]؛ طوری که، ۱ مول تانن توانایی اتصال به ۱۲ مول پروتئین را دارد [۱۴]. از این‌رو، می‌تواند اثر ممانعت‌کنندگی بر پروتئین‌های درونی بدن از جمله آنزیم‌های گوارشی (آمیلاز، تریپسین، کیموتریپسین و لیپاز) داشته و از هضم و جذب ماکرومولکول‌ها (پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و ...) جلوگیری نماید [۱۶ و ۱۷]. تانن‌ها مسئول ایجاد طعم گس در مواد غذایی نیز هستند که دلیل آن رسوب پروتئین‌های دهانی است که این ویژگی غالباً تمایل به پذیرش غذاهای حاوی تانن را کاهش می‌دهد [۱۰ و ۱۸]. با توجه به اینکه طبق بررسی‌های نگارنده تاکنون تحقیق در زمینه تانن‌زدایی صمغ‌ها با استفاده از روش‌های مختلف حرارتی (جوشاندن و اتوکلاوگذاری) و غیرحرارتی (خیساندن و محلول‌های نمکی) گزارش نشده است، در ادامه مستندات موجود در زمینه تانن‌زدایی سایر مواد غذایی آورده شده است. در این راستا، آدگونوا و همکاران در سال ۲۰۱۴ کاربرد تیمارهای اتوکلاو کردن، آون‌گذاری، جوشاندن و غوطه‌ور کردن در آب داغ و ولرم را بر کاهش مقدار تانن‌ها در آرد دانه ماش بررسی نمودند. طبق نتایج، اتوکلاو کردن تانن آن را از $0.02 \pm$ به $0.096 \pm$ و $0.03 \pm$ میلی‌گرم به ازای هر ۱۰۰ گرم دانه کاهش داد. به علاوه، در طی تیمارهای آون‌گذاری، جوشاندن و غوطه‌ور کردن در آب داغ و ولرم محتوی تانن‌ها به ترتیب به $0 \pm$ ، $0.071 \pm$ ، $0.055 \pm$ و $0.02 \pm$ و $0.080 \pm$ و $0.04 \pm$ میلی‌گرم به ازای هر ۱۰۰ گرم دانه کاهش یافت [۱۹]. اولوای و گباداموسی در سال ۲۰۱۷ کاهش تانن‌های دانه تاج خروس را از طریق تیمار اتوکلاو کردن و آنزیم‌بری در آب داغ مورد بررسی قرار دادند. طبق یافته‌های این تحقیق، بر اثر اتوکلاو کردن در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه و آنزیم‌بری در دمای ۷۵ درجه سلسیوس پس از گذشت ۱۰ دقیقه میزان تانن‌های موجود از $0.09 \pm$ به $0.459 \pm$ و به ترتیب به $0.32 \pm$

۱/۵۰۴ و $۰/۲۳ \pm ۱/۹۳۰$ میلی گرم به ازای هر گرم دانه رسید [۱۰]. داس و همکاران در سال ۲۰۲۱ گزارش نمودند که تیمارهای حرارتی مانند آب داغ، اتوکلاو کردن و مایکروویو در کاهش مقدار تانن های بادام زمینی و عصاره آن تأثیرگذار بود. نتایج مطالعه این پژوهشگران نشان داد که بازدهی اتوکلاو کردن، تیمار با آب داغ و مایکروویو به ترتیب $۱/۲ \pm ۵۵/۷$ ، $۱ \pm ۴۸/۹$ و $۱/۳ \pm ۳۰/۱$ درصد بود [۲۰].

۲- مواد و روش ها

۲-۱- نمونه ها

صمغ فارسی مورد نیاز از فروشگاه عطاری سنتی در شیراز خریداری گردید و پس از حذف مواد خارجی، گرانول های صمغ (در قطر حدودا ۵-۷ میلی متر) در سه گروه سفید، زرد و قهوه ای دسته بندی و تا زمان انجام آزمایشات در کیسه های پلاستیکی نگهداری شدند. مواد شیمیایی از جمله اسید تانیک، کلرید آهن III، نمک کلرید کلسیم، کلرید سدیم، هیدروکسید سدیم و هیدروکلریک اسید از شرکت مرک آلمان خریداری شد و از آب دیونیزه برای تهیه نمونه ها استفاده گردید.

۲-۲- روش های تانن زدایی از صمغ فارسی

۲-۲-۱- روش های غیرحرارتی

۲-۲-۱-۱- روش خیساندن در آب

گرانول های صمغ فارسی با اندازه های تقریباً یکسان در آب مقطر (نسبت ۱:۱۰ وزنی/حجمی) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۲۰، ۱۶۰ و ۱۸۰ دقیقه روی همزن مغناطیسی (۳۰۰ دور در دقیقه) خیسانده شده و پس از حذف آب مورد استفاده، صمغ های خیسانده شده با آب مقطر شسته شده و نهایتاً به منظور خشک شدن در دمای محیط تا رسیدن به وزن ثابت نگهداری شدند.

۲-۲-۱-۲- استفاده از محلول های نمکی

برای بررسی تأثیر نمک های تک و دو ظرفیتی، گرانول های صمغ فارسی با نسبت ۱ به ۱۰ (وزنی/حجمی) داخل

از آنجایی که حذف یا کاهش تانن می تواند سبب افزایش کاربرد صمغ فارسی در صنعت غذا شود، اهداف این پژوهش عبارت بودند از: استفاده از روش های مختلف حرارتی (جوشاندن و اتوکلاوگذاری) و غیرحرارتی (خیساندن و محلول های نمکی) و بررسی نقش هر یک در میزان کاهش تانن، تغییر وزن گرانول های صمغ و ویژگی های رئولوژیکی پراکنش آن.

محلول های کلرید سدیم و کلسیم با غلظت های ۱، ۵ و ۱۰ درصد ریخته شدند [۲۱]. سپس، به مدت ۹۰ دقیقه روی همزن مغناطیسی با سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس هم زده شد. همانند آنچه پیش تر اشاره شد، پس از خالی کردن محلول نمک و شست و شو گرانول ها با آب مقطر، این صمغ ها خشک شدند.

۲-۲-۲- روش های حرارتی

۲-۲-۲-۱- روش جوشاندن

به منظور اعمال تیمار جوشاندن، ۴ گرم از گرانول های صمغ فارسی به ۴۰ میلی لیتر از آب مقطر در حال جوش اضافه شده و پس از بستن درب ظروف با فویل آلومینیومی، نمونه ها در حمام آب جوش مجهز به همزن [۲۲] به مدت ۵ و ۱۰ و ۱۵ دقیقه قرار گرفتند و پس از استفاده از آب مقطر به منظور شستن صمغ ها، در دمای محیط تا خروج کامل رطوبت خشک شدند.

۲-۲-۲-۲- روش اتوکلاوگذاری

در تیمار حرارتی توسط اتوکلاو نیز، پس از افزودن ۴ گرم از گرانول های صمغ به ۴۰ میلی لیتر آب مقطر، نمونه ها در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱۵ psi به مدت ۲۰ دقیقه نگهداری شدند [۲۲] و همانند آنچه پیش تر اشاره شد، پس از شستشو، خشک شدند.

۳-۲- بررسی برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی صمغ فارسی تانن‌زدایی شده

پس از اتمام فرآیند تانن‌زدایی، آزمون‌های زیر روی نمونه‌های تیمار شده و شاهد انجام شد.

۱-۳-۲- اندازه‌گیری میزان تانن صمغ

ابتدا گرانول‌های صمغ تانن‌زدایی شده خشک شده، آسیاب شده و پس از عبور از الک شماره ۴۰، سوسپانسیون ۱ درصد وزنی/حجمی با استفاده از هم‌زن مغناطیسی (۳۰۰ دور در دقیقه، ۶۰ دقیقه) تهیه شد. پس از نگهداری در یخچال به مدت یک شب، توسط سانتریفیوژ (۹۰۰۰ g به مدت ۱۵ دقیقه) قسمت محلول و نامحلول صمغ از هم جدا شدند. در مرحله بعد، ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول کلرید آهن III (۹ درصد وزنی/حجمی) به ۱۰ میلی‌لیتر از بخش محلول صمغ اضافه شد تا کمپلکس سیاه رنگی بین تانن و آهن ایجاد شود. سپس، با استفاده از دستگاه طیف‌سنج فرابنفش-مرئی میزان جذب در طول موج ۴۳۰ نانومتر قرائت شد. به عنوان استاندارد از اسید تانیک استفاده شد و محلول‌های این ترکیب در غلظت-

۴-۲- تجزیه و تحلیل آماری

طراحی پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بوده و برای ارزیابی آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS 26.0 استفاده شد. بررسی اختلاف موجود بین مقادیر میانگین‌ها به وسیله روش مقایسه چند دامنه‌ای دانکن و آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) صورت

۱-۳- تاثیر تیمارهای مختلف بر تانن‌زدایی

صمغ فارسی

۱-۱-۳- خیساندن در آب

۱-۱-۳- تاثیر خیساندن در آب بر میزان کاهش تانن

گرانول‌های صمغ فارسی

شکل ۱ a تاثیر تیمار خیساندن به مدت ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه را بر تانن زدایی صمغ فارسی نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس نشان داد که میزان کاهش

های ۱، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰، ۱۷۵ و ۲۰۰ ppm برای رسم منحنی کالیبراسیون مورد استفاده قرار گرفت [۱].

۲-۳-۲- اندازه‌گیری تغییرات وزن پس از خشک کردن

جهت بررسی تغییرات ایجاد شده در وزن گرانول‌های صمغ فارسی تیمار شده، نمونه‌ها پس از خشک شدن با ترازوی ۴ صفر وزن شدند.

۳-۳-۲- بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی

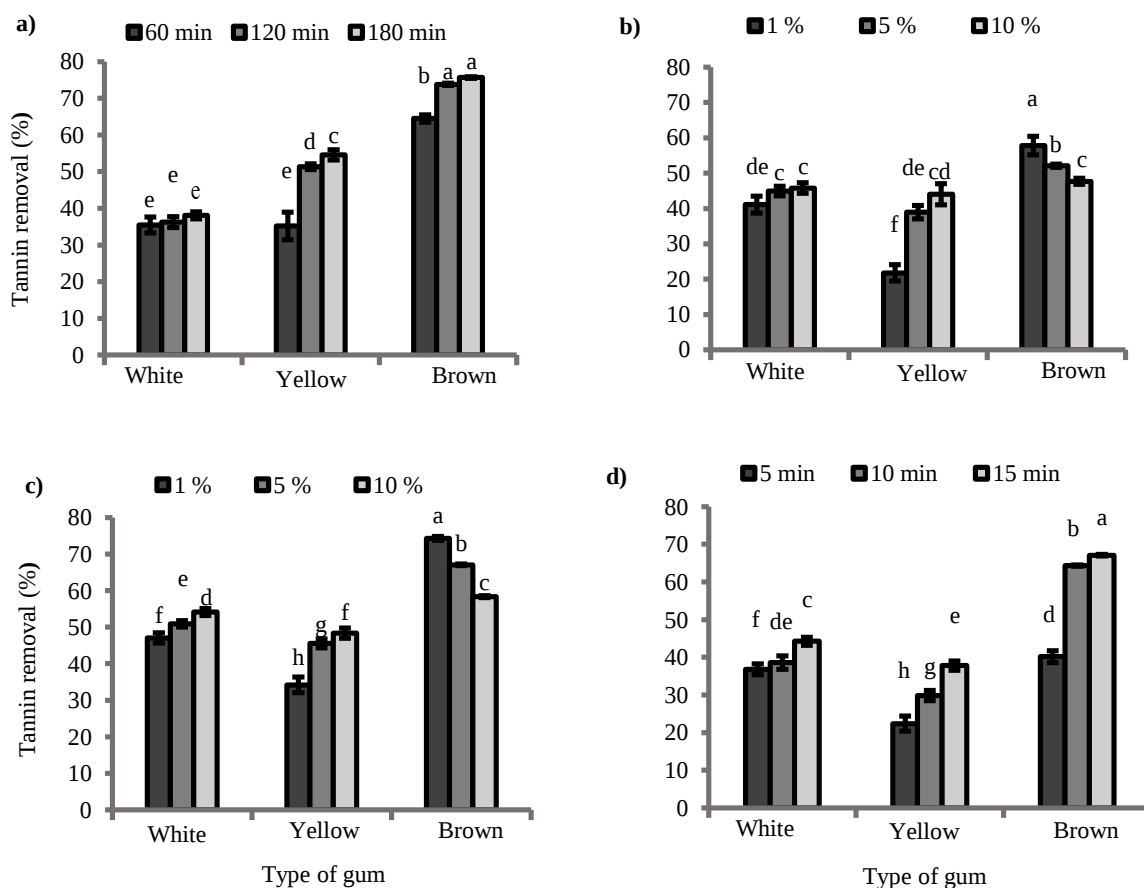
به منظور سنجش ویژگی‌های رئولوژیکی از دستگاه رئومتر چرخشی مجهز به ژئومتري استوانه‌های هم‌مرکز (Concentric cylinder geometry) مدل DG27.6-SS استفاده شد و رفتار جریانی نمونه‌ها در محدوده سرعت برشی ۱۰-۱۰۰ بر ثانیه و در دمای ۲۰ درجه سلسیوس سنجش شد. هم‌چنین، برازش داده‌های حاصل از آزمون رفتار جریانی با مدل‌های نیوتنی (Newtonian)، قانون توان (Power law)، بینگهام (Bingham)، هرشل-بالکلی (Herschel-Bulkley) و کاسون (Casson) به منظور انتخاب بهترین مدل ریاضی انجام گرفت [۷].

گرفت. به علاوه، رسم نمودارها با نرم افزار EXCEL ۲۰۱۶ انجام شد. در ضمن، داده‌های مربوط به آزمون‌های رئولوژی در راستای انتخاب بهترین مدل ریاضی توسط نرم‌افزار MATLAB R2018b مورد پردازش قرار گرفت و بدین منظور از رگرسیون خطی و غیرخطی استفاده شد.

تانن صمغ قهوه‌ای خیسانده شده به مدت ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه تفاوت معناداری با صمغ‌های سفید و زرد داشت. هم‌چنین، خیساندن صمغ زرد به مدت ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه، میزان تانن را به طور معناداری در مقایسه با صمغ سفید کاهش داد؛ در حالی که، بین میزان کاهش تانن صمغ زرد خیسانده شده به مدت ۶۰ دقیقه با صمغ‌های سفید خیسانده شده به مدت ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه تفاوت معناداری دیده نشد ($p < 0/05$). علت کاهش تانن در اثر

صمغ سفید اختلاف معناداری با افزایش زمان مشاهده نشد. به طور کلی، بیشترین میزان تانن‌زدایی در مورد صمغ قهوه‌ای خیسانده شده به مدت ۱۸۰ دقیقه مشاهده شد که میزان این کاهش $0.25 \pm 0.67/75$ درصد بود ($p < 0.05$). لذا، به نظر می‌رسد که هر چه زمان خیسانده شدن بیشتر، احتمالاً نفوذپذیرتر شدن غشا سلول نیز افزایش یافته است.

خیساندن به این واقعیت مربوط می‌شود که خیساندن باعث نرم شدن غشا سلولی شده [۲۱] و با توجه به انحلال پذیری تانن در آب، احتمالاً این ترکیبات تحت تاثیر گرادیان غلظتی وارد فاز آبی شده‌اند [۲۱ و ۲۳]. بررسی تاثیر زمان خیساندن نشان داد که، در مورد صمغ‌های با رنگ زرد و قهوه‌ای با افزایش زمان خیساندن میزان تانن‌زدایی افزایش یافت؛ در حالی که، در مورد



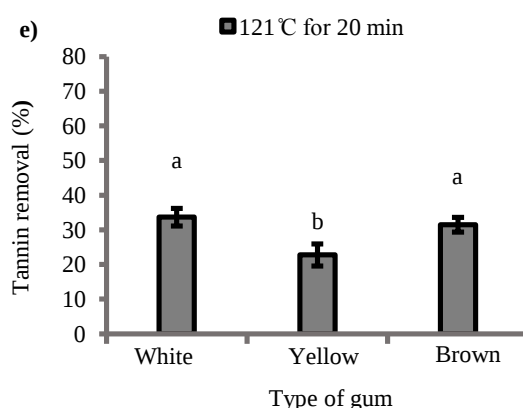


Fig 1 Effect of different tannin removal methods on tannin removal of brownish, yellow and white Persian gum (a: soaking the granules in water for 60, 120 and 180 min, b: treating the granules with 1, 5 and 10 % (w/w) NaCl, c: treating the granules with 1, 5 and 10 % (w/w) CaCl_2 , d: boiling for 5, 10 and 15 min, e: autoclaving at 121 °C for 20 min)

خیسانده شده به مدت ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ و نمونه‌های خیسانده شده ۶۰ و ۱۸۰ دقیقه برای صمغ زرد و سفید بود که این مسئله احتمالاً به حلالیت صمغ فارسی در آب و ظرفیت جذب آب صمغ با افزایش زمان خیساندن مربوط بوده است. در این راستا، گزارشات دیگری نیز به این ویژگی صمغ‌ها اشاره کرده‌اند [۲۴ و ۲۵]. محققین گزارش کرده‌اند که هر گرم از صمغ فارسی قادر است ۱۲/۵۶ گرم آب جذب نماید [۱].

همان‌گونه که در شکل ۱ a مشاهده شد، بیشترین تاثیر تیمار خیساندن بر تانن‌زدایی در مورد صمغ‌های قهوه‌ای رنگ مشاهده شد. از طرف دیگر، از آنجایی که افزایش مدت زمان تیمار خیساندن سبب حل شدن صمغ می‌شود و با توجه به اینکه که اختلاف معنی‌داری در تانن‌زدایی صمغ قهوه‌ای طی ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه خیساندن مشاهده نشد (شکل ۱ a)، به نظر می‌رسد که بهترین نتیجه برای تانن‌زدایی به روش خیساندن برای گرانول‌های صمغ قهوه‌ای طی ۱۲۰ دقیقه تیمار حادث شد.

۳-۱-۲- تاثیر خیساندن در آب بر میزان کاهش وزن گرانول‌های صمغ فارسی

از آنجایی که قرار دادن گرانول‌های صمغ فارسی در آب می‌توانست سبب جذب آب توسط مولکول‌های صمغ از طریق ایجاد پیوند هیدروژنی بین صمغ و آب گردیده و نهایتاً می‌توانست منجر به انحلال بخشی از صمغ خیسانده شده شود، تاثیر زمان خیساندن بر انحلال صمغ فارسی در آب، از طریق اندازه‌گیری میزان وزن گرانول‌های صمغ پس از خشک شدن به صورت تابعی از زمان خیساندن (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه) مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که بیش از ۱۸۰ دقیقه خیساندن به انحلال کامل گرانول منجر شد و از همین رو، مدت زمان خیساندن تا ۱۸۰ دقیقه مورد پایش قرار گرفت. همان‌گونه که جدول ۱ مشاهده می‌شود، افزایش مدت زمان خیساندن (از ۶۰ به ۱۸۰ دقیقه) موجب کاهش مقدار وزن گرانول صمغ تیمار شده گردید. به علاوه، نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از وجود اختلاف معناداری ($p < 0.05$) بین نمونه‌ها

Table 1 Effect of soaking in water on weight reduction of brownish, yellow and white Persian gum granules

Type of gum	Time (min)	Weight reduction (%)
Brown	60	24.11 ± 0.21^{cd}
	120	35.92 ± 0.47^b

Yellow	180	40.42 ± 0.40^a
	60	17.91 ± 0.74^e
	120	24.07 ± 0.27^{cd}
	180	25.22 ± 1.30^c
White	60	3.92 ± 0.26^f
	120	22.56 ± 0.63^d
	180	24.22 ± 0.69^{cd}

Different letters show a significant difference ($p < 0.05$) between values of each column

۲-۱-۳- استفاده از محلول‌های نمکی (کلرید سدیم و کلرید کلسیم)

۱-۲-۳- تاثیر استفاده از محلول‌های نمکی بر میزان کاهش تانن گرانول‌های صمغ فارسی

به منظور بررسی نقش نمک‌های تک و دو ظرفیتی در تانن‌زدایی صمغ فارسی از محلول‌های کلرید سدیم و کلرید کلسیم (با غلظت‌های ۱، ۵ و ۱۰ درصد وزنی/حجمی) استفاده شد که نتایج حاصل در شکل ۱ b و c نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، استفاده از غلظت‌های مختلف کلرید سدیم و کلرید کلسیم سبب ایجاد تفاوت معناداری در کاهش تانن صمغ‌های قهوه‌ای، زرد و سفید شده است (به جز در غلظت‌های ۵ و ۱۰ درصد صمغ سفید که تفاوت معنی‌دار نبود) ($p < 0.05$). مطابق یافته‌ها، هر دو محلول نمکی در غلظت ۱ درصد وزنی/حجمی باعث کاهش قابل توجهی در میزان تانن گرانول‌های صمغ فارسی قهوه‌ای رنگ شدند. به نظر می‌رسد که دلیل تانن‌زدایی با نمک مربوط به انحلال‌پذیری تانن در فاز آبی محلول نمکی و نیز بار منفی تانن که به اتصال آن به یون‌های دارای بار مثبت از طریق جاذبه الکترواستاتیک کمک می‌کند [۲۱ و ۲۶]. تانن به عنوان ترکیب شلاته‌کننده مطرح است که اتصال آن با کلسیم در تشکیل کمپلکس نامحلول نقش دارد [۲۷]. نکته جالب قابل توجه در شکل ۱ b و c این است که افزایش غلظت محلول‌های کلرید کلسیم و کلرید سدیم در مورد صمغ‌های زرد و سفید به کاهش بیشتر میزان تانن صمغ منجر شد؛ در حالی‌که، در مورد صمغ قهوه‌ای با افزایش غلظت محلول‌های نمکی میزان تانن‌زدایی این

صمغ کاهش یافت. به بیان دیگر، در مورد صمغ قهوه‌ای محلول‌های نمکی در پایین‌ترین غلظت عملکرد بهتری برای کاهش تانن داشتند. این تفاوت می‌تواند به این واقعیت مربوط باشد که حضور یون‌های سدیم و کلسیم نمک‌های افزوده شده سبب غربال بارهای منفی ناشی از گروه‌های کربوکسیل صمغ فارسی شده است [۷] که کاهش بارهای منفی در ساختار صمغ احتمالاً سبب کاهش دفعه الکترواستاتیک در طول زنجیره‌های این بسپارزیستی شده که نهایتاً منجر به خروج از حالت خطی و ایجاد یک ساختار فشرده و کلاف مانند (کویلی) شده است [۲۸ و ۲۹]. در مورد صمغ فارسی قهوه‌ای که در مقایسه با صمغ سفید و زرد میزان تانن بیشتری داشته، احتمالاً حین ایجاد ساختار فشرده در صمغ، بخش قابل توجهی از تانن در این ساختار فشرده محبوس شده و امکان ایجاد کمپلکس-های نامحلول بین یون‌ها و تانن‌های محبوس شده در ساختار فشرده وجود نداشته است. لذا، بیشتر شدن غلظت نمک سبب غربال شدن بیشتر بار، ایجاد ساختار فشرده‌تر در صمغ و نیز تانن‌زدایی کمتر شده است. حسینی و همکاران نیز گزارش کرده‌اند که افزایش غلظت نمک باعث غربال الکترواستاتیکی صمغ درخت بادام تلخ و خنثی‌سازی بار منفی آن شده است [۲۹]. به علاوه، همان‌گونه که مشاهده می‌شود، تاثیر محلول‌های نمکی کلرید سدیم و کلرید کلسیم بر میزان کاهش تانن صمغ فارسی یکسان نیست؛ به عنوان مثال، میزان کاهش تانن صمغ قهوه‌ای در غلظت یک درصد محلول کلرید کلسیم و کلرید سدیم به ترتیب $0.54 \pm 74/32$ و $2/63 \pm 57/84$ درصد بود. می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که تاثیر محلول

کلرید کلسیم در غلظت یکسان با کلرید سدیم، بر میزان کاهش تانن بیشتر بود و احتمالاً دلیل آن را می‌توان به بالاتر بودن ظرفیت نمک کلسیم نسبت داد، چرا که در این حالت یون کلسیم با داشتن چگالی بار بیشتر، به تانن‌های دارای بار منفی بیشتری متصل شده و کمپلکس نامحلول بیشتری نیز ایجاد شده است [۲۶، ۲۷ و ۳۰]. لذا، کلسیم نقش موثرتری نسبت به سدیم در غلظت یکسان داشته است. یوسفی و همکاران در سال ۱۳۹۹ بیان کردند که نمک دو ظرفیتی (کلرید کلسیم) نسبت به نمک تک ظرفیتی (کلرید سدیم) اثر بیشتری بر از خشتی شدن بار گروه کربوکسیل صمغ و منقبض شدن بسیار قندی‌های صمغ دانه مرو داشته است [۳۱].

۲-۱-۳- تاثیر استفاده از محلول‌های نمکی بر میزان کاهش وزن گرانول‌های صمغ فارسی

گرانول‌های صمغ فارسی می‌توانند با برقراری پیوند هیدروژنی با آب موجب انحلال بخشی از صمغ در آب شوند و با توجه به اینکه احتمالاً حضور نمک بر میزان حلالیت صمغ در آب اثرگذار است، به منظور بررسی تاثیر استفاده از محلول‌های نمکی بر انحلال صمغ فارسی در آب، کاهش وزن گرانول‌های صمغ به صورت تابعی از غلظت نمک (۱، ۵ و ۱۰ درصد) مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا، نتایج حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف محلول‌های نمکی بر میزان کاهش وزن صمغ‌ها در جدول ۲ آورده شده است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف معناداری در میزان وزن نمونه‌های تانن‌زدایی شده با محلول کلرید کلسیم وجود داشت (به جز بین غلظت ۵ درصد صمغ سفید و غلظت‌های ۵ و ۱۰ درصد صمغ زرد). همچنین، استفاده از محلول کلرید سدیم نیز سبب تغییر معنی‌دار وزن نمونه‌ها شد ($p < 0.05$). همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت نمک

کلرید سدیم (جز در غلظت‌های ۵ و ۱۰ درصد صمغ قهوه‌ای و زرد) و کلرید کلسیم میزان کاهش وزن گرانول‌ها کمتر بود ($p < 0.05$). به نظر می‌رسد که هرچه میزان غلظت نمک افزایش یافته چگالی بار بالا نمک‌های کلرید سدیم و کلسیم باعث ایجاد پیوندهای الکترواستاتیکی قوی با یون H^+ آب شده است [۳۰ و ۳۲] که نهایتاً این اتصال احتمالاً دسترسی آب به گروه‌های فعال صمغ را کاهش داده و نه تنها کاهش وزن کمی با افزایش غلظت نمک مشاهده شد بلکه افزایش وزن نیز در مورد صمغ سفید در غلظت ۱۰ درصد محلول کلرید کلسیم و سدیم مشاهده گردید. احتمالاً نمک کلرید کلسیم با داشتن ۲ جایگاه برای برقراری اتصال با H^+ گروه‌های بیشتر از آب اطراف صمغ را درگیر کرده [۳۰ و ۳۲] و از انحلال صمغ و ایجاد پیوند هیدروژنی بین آب و صمغ کاسته است. علاوه بر اینها، تیمار صمغ و آب سبب اتصال مولکول‌های آب با گروه‌های فعال صمغ شده است [۳۳] و حضور Ca^{2+} احتمالاً سبب اتصال بین دو یون H^+ در اطراف صمغ شده است و بدین ترتیب Ca^{2+} با ایجاد اتصال یونی یا پلی شدن یونی (Ion bridging) بین این یون و مولکول‌های آب سبب ایجاد آب پیوسته در اطراف صمغ شده است که طی مرحله خشک کردن صمغ به علت پیوسته بودن جدا نشده و سبب افزایش وزن صمغ تیمار شده با Ca^{2+} شده است [۳۴ و ۳۵]. افزایش معنی‌دار وزن گرانول‌ها در مورد صمغ سفید تیمار شده با غلظت ۱۰ درصد نمک‌ها، احتمالاً به پدیده اتصال یونی (اتصال Na^+ و Ca^{2+} به H^+ مولکول آب) مربوط است که ایجاد آب پیوسته و عدم خروج آن طی خشک کردن به افزایش وزن منتهی شده است.

Table 2 Effect of using saline solutions for 90 min on weight reduction of brownish, yellow and white Persian gum granules

Type of salt	Type of gum	Concentration (%)	Weight reduction (%)
--------------	-------------	-------------------	----------------------

NaCl	Brown	1	22.66 ± 0.97 ^a
		5	13.50 ± 0.58 ^c
		10	13.20 ± 0.43 ^c
	Yellow	1	20.31 ± 0.88 ^b
		5	6.03 ± 0.95 ^d
		10	6.02 ± 0.49 ^d
	White	1	13.63 ± 0.33 ^c
		5	4.11 ± 0.32 ^d
		10	-12.18 ± 0.79 ^e 0000.0.79 ^e
CaCl ₂	Brown	1	14.90 ± 0.83 ^b
		5	11.92 ± 1.09 ^c
		10	7.60 ± 0.50 ^d
	Yellow	1	17.90 ± 1.23 ^a
		5	2.24 ± 0.22 ^e
		10	1.83 ± 0.33 ^e
	White	1	11.62 ± 0.86 ^c
		5	0.23 ± 0.08 ^e
		10	-12.36 ± 0.98 ^f

Different letters show a significant difference ($p < 0.05$) between values of each column.

جوشاندن به منظور حذف ترکیبات ضد تغذیه‌ای از جمله تانن اشاره شده است [۱۶ و ۳۹]. به علاوه، همان طور که در شکل ۱ e مشاهده می‌شود، با افزایش زمان جوشاندن تفاوت معنی‌داری در میزان کاهش تانن گرانول‌های صمغ فارسی مشاهده شد ($p < 0.05$). به نظر می‌رسد که ممکن است افزایش مدت زمان جوشاندن با افزایش میزان تجزیه حرارتی تانن‌ها و نیز با ایجاد فرصت بیشتر برای اتصال تانن‌های آزاد با مولکول‌های آب سبب حذف بیشتر تانن از صمغ فارسی شده باشد.

۳-۱-۳-۲- تاثیر جوشاندن در آب بر میزان کاهش وزن گرانول‌های صمغ فارسی

تاثیر افزایش زمان جوشاندن (۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه) بر وزن نمونه‌ها مورد سنجش قرار گرفت و نتایج حاصل به صورت مقدار کاهش وزن نمونه‌ها بر حسب تابعی از افزایش زمان جوشاندن در جدول ۳ آورده شده است. طبق نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف معناداری بین نمونه‌های تیمار شده در زمان‌های مختلف برای صمغ‌های قهوه‌ای، زرد و سفید مشاهده شد (به جز صمغ زرد در زمان‌های ۵ و ۱۰ دقیقه) ($p < 0.05$). دلیل این تغییرات ممکن است مربوط به افزایش حلالیت صمغ با افزایش دما باشد، چرا که احتمالاً افزایش دما با شکستن

۳-۱-۳- استفاده از روش‌های حرارتی مرطوب (جوشاندن و اتوکلاوگذاری)

۳-۱-۳-۱-۳- جوشاندن در آب

۳-۱-۳-۱-۳- تاثیر جوشاندن در آب بر میزان کاهش تانن گرانول‌های صمغ فارسی

نتایج حاصل از بررسی میزان کاهش تانن نمونه‌های صمغ فارسی پس از تیمار جوشاندن در شکل ۱ d آورده شده است. تجزیه آماری نشان داد که جوشاندن تاثیر معناداری ($p < 0.05$) در کاهش میزان تانن نمونه‌ها داشت. این کاهش را می‌توان به ناپایداری تانن در برابر حرارت (تجزیه حرارتی) نسبت داد؛ به طوری که، احتمالاً الاجی تانن‌ها (تانن‌های قابل هیدرولیز) طی حرارت‌دهی به الاجی اسید هیدرولیز شده‌اند [۲۰ و ۳۶]. به علاوه، حرارت به علت شکستن کمپلکس‌های تشکیل شده میان تانن با ترکیباتی نظیر پروتئین‌ها، کربوهیدرات، ویتامین‌ها و مواد معدنی باعث افزایش میزان تانن‌های آزاد شده و از آنجایی که تانن‌ها ترکیباتی محلول در آب هستند، با سهولت بیشتری با مولکول‌های آب پیوند داده و تحت تاثیر گرادیان غلظتی از صمغ حذف می‌شوند [۲۰، ۳۶، ۳۷ و ۳۸]. در مطالعات گذشته نیز به استفاده از تیمار

غشا سلولی و شکل‌دهی منفذهای ریز در ساختار صمغ باعث سهولت انتقال جرم (خروج مولکول‌های صمغ به فاز آبی) شده است [۴۰] که در نتیجه سبب کاهش وزن صمغ خشک تیمار شده در مقایسه با نمونه اولیه شد. پیش‌تر نیز محققینی گزارش کردند که با افزایش دما تا ۹۰ درجه سلسیوس میزان حلالیت صمغ فارسی افزایش پیدا کرده است [۱]. همان‌گونه که مشاهده می‌شود (جدول ۳)، صمغ سفید تیمار شده به مدت ۵ دقیقه افزایش وزن داشته است. همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، احتمالاً مجاورت صمغ با آب به سبب ایجاد اتصالات قوی بین آب و صمغ [۳۳] منجر به تشکیل آب پیوسته می‌شود که پس از خشک کردن نیز ساختار صمغ را ترک نکرده و سبب افزایش وزن صمغ تیمار شده گردیده است [۳۵]. نکته جالب اینکه در مورد صمغ زرد و قهوه‌ای که تانن بیشتری دارند این موضوع مشاهده نشد احتمالاً تانن که دارای بار منفی است با افزایش دافعه الکترواستاتیک میان زنجیره‌های صمغ فارسی از نزدیکی زنجیره‌ها به هم جلوگیری کرده و نهایتاً، از ایجاد اتصالات قوی بین زنجیره‌ها و نیز تشکیل آب پیوسته ممانعت کرده است.

Table 3 Effect of boiling on weight reduction of brownish, yellow and white Persian gum granules

Type of gum	Time (min)	Weight reduction (%)
Brown	5	7.53 ± 0.25 ^d
	10	12.44 ± 0.73 ^b
	15	14.68 ± 1.20 ^a
Yellow	5	3.63 ± 0.53 ^e
	10	4.63 ± 1.15 ^{ce}
	15	7.56 ± 1.04 ^c
White	5	-1.17 ± 0.39 ^f
	10	3.47 ± 0.08 ^e
	15	6.99 ± 0.62 ^{dc}

Different letters show a significant difference ($p < 0.05$) between values of each column.

۱-۳-۲- اتوکلاوگذاری

۱-۳-۲-۱- تاثیر اتوکلاوگذاری بر میزان کاهش تانن گرانول-

های صمغ فارسی

شکل ۱ e نتایج بدست آمده از میزان تاثیر تیمار اتوکلاوگذاری بر مقدار کاهش تانن صمغ فارسی را نشان

می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، اختلاف معناداری در میزان کاهش تانن صمغ سفید و قهوه‌ای مشاهده نشد. در صورتی که، تیمار گرانول‌های صمغ فارسی با اتوکلاو سبب ایجاد تفاوت معنی‌داری در میزان کاهش تانن صمغ زرد با صمغ‌های سفید و قهوه‌ای شد ($p < 0.05$). کاهش مشاهده شده در میزان تانن نمونه‌ها پس از اتوکلاوگذاری (فرآیندی حرارتی تحت فشار بالا) را احتمالاً می‌توان به افزایش میزان نفوذپذیری غشا در این شرایط نسبت داد [۲۲]. به علاوه، همان‌طور که پیش‌تر در مورد تیمار جوشاندن مطرح شد، حرارت به سبب شکستن کمپلکس-های تشکیل شده میان تانن با ترکیباتی دیگر نظیر پروتئین و ... موجب افزایش میزان تانن‌های آزاد شده است [۳۶] و [۳۹] که احتمالاً پس از آزادسازی تحت تجزیه حرارتی قرار گرفته‌اند. بنابراین، از آنجایی که تانن‌ها ترکیباتی محلول در آب هستند با افزایش نفوذپذیری غشا و میزان تانن‌های آزاد، امکان ورود تانن بیشتری به محیط آبی و حذف از گرانول‌های صمغ وجود داشته است. به علاوه، احتمالاً تجزیه تانن بر اثر حرارت نیز دلیلی بر کاهش میزان تانن و افزایش ترکیباتی مانند الاجی اسید به واسطه هیدرولیز الاجی تانن‌ها در صمغ فارسی بوده است [۲۲، ۳۶ و ۴۱]. اخیراً، گروهی از محققین گزارش کردند که ساختار تانن‌های قابل هیدرولیز (الاجی تانن‌ها) آجیل‌ها بر اثر حرارت تجزیه شده و الاجی اسید تولید می‌گردد که این امر به کاهش تانن منتهی می‌شود [۴۲]. با توجه به اینکه تیمارهای حرارتی نشان دادند که حرارت بر تانن-زدایی صمغ فارسی نقش دارد، به نظر می‌رسد که ممکن است بخشی از تانن‌های صمغ فارسی تانن‌های قابل هیدرولیز (الاجی تانن‌ها) باشند.

۱-۳-۲-۲- تاثیر اتوکلاوگذاری بر میزان کاهش وزن گرانول-های صمغ فارسی

از آنجایی که افزایش میزان حرارت و فشار ممکن است سبب انحلال بخشی از صمغ در آب گردد [۱]، کاهش وزن نمونه‌ها پس از تیمار با اتوکلاو بررسی شد (جدول

۴)، نتایج نشان داد که بیشترین میزان کاهش مربوط به صمغ قهوه‌ای بوده است ($1/07 \pm 26/48$ درصد) که علت آن احتمالا به خروج تانن از صمغ و نیز انحلال بخشی از صمغ در اثر پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های سطحی صمغ با آب احاطه‌کننده آن بوده است [۳۳].

Table 4 Effect of autoclaving (121 °C, 20 min) on weight reduction of brownish, yellow and white Persian gum granules

Type of gum	Weight reduction (%)
Brown	26.48 ± 1.07^a
Yellow	13.13 ± 0.14^b
White	8.09 ± 0.38^c

Different letters show a significant difference ($p < 0.05$) between values of each column.

مطابق نتایجی که از روش‌های مختلف حرارتی و غیرحرارتی تانن‌زدایی برای صمغ قهوه‌ای به دست آمد، مشخص گردید که بیشترین میزان تانن‌زدایی (مقادیر بالا ۶۰ درصد) به ترتیب به تیمارهای خیساندن به مدت ۱۸۰ دقیقه ($0/25 \pm 75/67$ درصد)، جوشاندن به مدت ۱۵ دقیقه ($0/19 \pm 67/08$ درصد) و استفاده از محلول نمک کلرید کلسیم با غلظت ۱ درصد ($0/54 \pm 74/32$ درصد) تعلق داشت.

۳-۱-۴- بررسی رفتار جریان

جدول ۵ نشان‌دهنده گرانروی ظاهری نمونه‌های صمغ فارسی در سرعت برشی ۵۰ بر ثانیه و دمای ۲۰ درجه سلسیوس است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، گرانروی ظاهری نمونه‌های تیمار شده با محلول کلرید کلسیم ۱ درصد، جوشانده شده به مدت ۱۵ دقیقه و خیسانده شده به مدت ۱۸۰ دقیقه در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافته است؛ درحالی که، در مطالعات پیشین به کاهش گرانروی ظاهری صمغ‌ها (صمغ فارسی، دانه ریحان، دانه خاکشیر، زانتان و گوار) در اثر اعمال تیمار حرارتی یا تیمار با محلول نمکی اشاره شده است [۳، ۴۳، ۴۴ و ۴۵] احتمالا دلیل تفاوت نتایج این پژوهش با مطالعات قبلی به این دلیل مربوط است که صمغ فارسی در این پژوهش به

شکل گرانولی تیمار شده است؛ درحالی که، در سایر تحقیقات پودر صمغ مورد تیمار قرار گرفته است. به عنوان یک اصل علمی، انتقال جرم و حرارت از محیطی با غلظت بیشتر به محیطی با غلظت کمتر اتفاق می‌افتد. از آنجایی که گرانول صمغ نسبت به پودر حاصل سطح تماس کمتری دارد این امکان وجود دارد که کاهش سطح تماس گرانول‌های تیمار شده صمغ فارسی با محلول‌های آبی یا نمکی موجب کاهش سرعت انتقال جرم و حرارت (از فاز آبی به صمغ) شده باشد [۴۶]. به این معنا که احتمالا قسمت‌های مرکزی گرانول‌های صمغ فارسی تحت تیمارهایی با شدت کمتری نسبت به مولکول‌های سطحی صمغ قرار گرفته‌اند. از این‌رو، دلیلی که می‌توان برای افزایش گرانروی ظاهری در حضور یون کلسیم مطرح باشد این است که یون کلسیم به علت داشتن دو بار مثبت بین مولکول‌های صمغ دارای بار منفی پل‌های یونی (Ion bridging) ایجاد کرده است که احتمالا ایجاد این برهم‌کنش و متقابلا تشکیل شبکه‌ای سه بعدی بسیاری (پلیمری) به افزایش گرانروی ظاهری منجر شده است [۴۷ و ۴۸] و دلیل دیگر را می‌توان به کاهش دافعه الکترواستاتیک و نزدیک شدن زنجیره‌ها به علت غربال بار منفی مولکول‌های صمغ توسط Ca^{2+} نسبت داد [۷]. به علاوه، احتمالا افزایش آب پیوسته در نمونه موجب شده است که پیوندهای هیدروژنی میان زنجیره‌های صمغ فارسی بیشتر شده و به یکدیگر نزدیک‌تر شوند [۴۹]، چرا که احتمالا ساختار صمغ فارسی به نحوی است که در زمان کاهش دافعه الکترواستاتیک بین زنجیره‌ها، طوری آرایش فضایی پیدا کردند که باعث نزدیکی آن‌ها به یکدیگر شده است و احتمالا نزدیکی بیشتر زنجیره‌های صمغ موجب افزایش گرانروی ظاهری گردیده است. این موارد بالاتر بودن گرانروی ظاهری نمونه تیمار شده با محلول کلرید کلسیم ۱ درصد نسبت به نمونه شاهد را توجیه می‌کنند. خالصی و همکاران نیز در سال ۱۳۹۱

گزارش کردند که نمک کلرید کلسیم (در غلظت‌های بالاتر از ۰/۱ مولار) با افزایش برهم‌کنش بین زنجیره‌های صمغ فارسی موجب افزایش گرانشی ظاهری شد [۵۰]. محققین دیگری نیز گزارش کردند که حضور نمک‌ها می‌تواند با کمک به افزایش برهم‌کنش‌های بین مولکولی باعث تغییر چگالی بار و ساختار صمغ گوار شده و چگالی صمغ را افزایش دهد [۵۱]. از طرف دیگر، افزایش میزان گرانشی ظاهری نمونه جوشانده شده به مدت ۱۵ دقیقه امکان دارد به تجزیه حرارتی ترکیبات فنولی صمغ فارسی (تانن‌ها) با کاهش گروه‌های هیدروکسیل و کاهش احتمالی پیوند هیدروژنی ایجاد شده بین مولکول‌های صمغ با آب [۵۲، ۵۳] و نتیجتاً نزدیکی زنجیره‌های صمغ به هم مربوط باشد. به علاوه، مشاهده گردید که میزان گرانشی ظاهری نمونه خیسانده شده به مدت ۱۸۰ دقیقه در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافت. به نظر می‌رسد که افزایش میزان یونش مولکول‌های آب در pHهای اسیدی صمغ فارسی خیسانده شده موجب غریبال گروه‌های دارای بار منفی صمغ توسط H^+ شده است [۵۴] که احتمالاً با کاهش دافعه الکترواستاتیک، باعث نزدیکی زنجیره‌های صمغ فارسی به یکدیگر و نهایتاً افزایش میزان گرانشی ظاهری گردید. به علاوه، دلیل دوم می‌تواند این باشد که

احتمالاً افزایش میزان آب پیوسته در نمونه‌های خیسانده شده و پیوند هیدروژنی بین زنجیره‌ها [۴۹] با نزدیک کردن بیشتر زنجیره‌ها صمغ باعث افزایش گرانشی ظاهری شد.

در جدول ۵ نتایج حاصل از برازش داده‌های رئولوژیکی نمونه‌ها با مدل هرشل-بالکلی (به عنوان مناسب‌ترین مدل برای پیش‌گویی رفتار جریان نمونه‌ها با بالاترین مقدار ضریب تعیین (r^2) و کمترین انحراف استاندارد (S_{xy}) مقادیر ضریب قوام و شاخص رفتار جریان آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود شاخص رفتار جریان (n) برای تمامی نمونه‌های صمغ فارسی کمتر از ۱ بود، که نشان‌دهنده رفتار نرم‌شونده برشی (Shear thinning) پراکنش‌های صمغ می‌باشد. همچنین، اعمال تیمارهای تانن‌زدایی سبب کاهش مقدار شاخص رفتار جریان شده است که دلالت بر بیشتر شدن ویژگی نرم‌شونده برشی دارد. باید توجه داشت که در این حالت، هر چه n به ۱ نزدیک‌تر باشد نشان‌گر تمایل سیال به سیال‌های نیوتنی و نزدیکی بیشتر به صفر نشان‌گر سیال‌های غیرنیوتنی است [۵۵].

Table 5 Effect of tannin removal methods with the highest efficiency on apparent viscosity (shear rate: 50 s^{-1} and temperature: $20\text{ }^\circ\text{C}$) and Herschel-Bulkley parameters of Persian gum dispersions

Type of sample	Apparent viscosity (η_{app}) (mPa.s)	Yield stress (σ_0) (mPa)	Consistency coefficient (k) (mPa.s ⁿ)	Power law coefficient (n)
Control sample	103.12	3.2760	0.7962	0.8867
Soaked in CaCl_2 solution (1% w/w) for 90 min	122.84	1.0033	2.2390	0.7325
Boiled for 15 min	415.61	6.0529	4.1180	0.6891
Soaked in water for 180 min	208.33	4.7945	3.2690	0.7653

روند با روند مشاهده شده در تغییرات گرانشی ظاهری نمونه‌ها مطابقت داشت. همان‌طور که در مورد افزایش گرانشی ظاهری نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد مطرح گردید احتمالاً یون کلسیم دو بار مثبت با ایجاد پل‌های یونی (Ion bridging) بین زنجیره‌های صمغ

از طرف دیگر، مشاهده می‌شود که ضریب قوام نمونه‌های تیمار شده با محلول کلرید کلسیم ۱ درصد، جوشانده شده به مدت ۱۵ دقیقه و خیسانده شده به مدت ۱۸۰ دقیقه نسبت به نمونه شاهد افزایش پیدا کرده است که این

فارسی باعث تشکیل شبکه‌ای سه بعدی بسپاری (پلیمری) [۴۸، ۴۸ و ۵۶] و افزایش ضریب قوام نمونه تیمار شده با محلول کلرید کلسیم ۱ درصد شده است. همچنین، امکان دارد دلیل دومی نیز وجود داشته باشد که به نزدیک شدن زنجیره‌ها توسط غریبال بار منفی صمغ با Ca^{2+} مربوط بوده است [۷]. به علاوه، افزایش آب پیوسته در نمونه تیمار شده نیز می‌تواند با افزایش امکان ایجاد پیوند هیدروژنی میان زنجیره‌های صمغ فارسی [۴۹] باعث نزدیکی زنجیره‌های صمغ به یکدیگر و افزایش میزان ضریب قوام گردد. پیش‌تر نیز محققین بیان کردند که اضافه نمودن نمک کلرید کلسیم موجب افزایش میزان ضریب قوام و گرانیوی ظاهری نشاسته برنج و مخلوط نشاسته و صمغ گوار شد [۵۷]. احتمالا در نمونه جوشانده شده به مدت ۱۵ دقیقه کاهش گروه‌های هیدروکسیل صمغ و پیوند هیدروژنی ایجاد شده بین مولکول‌های صمغ و آب [۵۴، ۵۳] با نزدیکی زنجیره‌های صمغ به یکدیگر موجب افزایش میزان ضریب قوام گردید. به علاوه، ممکن است که غریبال گروه‌های دارای بار منفی صمغ توسط H^+ موجود در آب [۵۴] باعث نزدیکی زنجیره‌های صمغ فارسی به یکدیگر (با کاهش دافعه الکترواستاتیک) و افزایش ضریب قوام در نمونه خیسانده شده به مدت ۱۸۰ دقیقه شده باشد. از طرف دیگر، افزایش میزان آب پیوسته در صمغ فارسی و احتمال تشکیل پیوند هیدروژنی بین زنجیره‌ها می‌تواند دلیلی دیگری باشد [۴۹].

شکل ۲ روند گرانیوی ظاهری را به صورت تابعی از سرعت برشی نشان می‌دهد همان‌گونه که مشاهده می‌شود یک روند کاهشی در میزان گرانیوی ظاهری با افزایش میزان سرعت برشی دیده می‌شود که حاکی از وجود رفتار نرم شونده برشی است. رفتار نرم‌شونده برشی می‌تواند

ناشی از وجود شبکه‌ای ضعیف در ساختار ماده باشد که اعمال سرعت برشی به سبب شکستن پیوندهای داخل و بین مولکولی و نیز از بین بردن شبکه موجود در اطراف ذرات احتمالا موجب کاهش در مقدار گرانیوی ظاهری می‌شود [۷ و ۵۸]. به علاوه، این رفتار می‌تواند نشان‌دهنده جهت‌گیری زنجیره‌های بسیار قندی در مسیر جریان با افزایش سرعت برشی نیز باشد [۵۹] که مقاومت سیال در برابر جاری شدن را کاهش داده است. محققین دیگری نیز وجود رفتار نرم‌شونده برشی برای پراکنش صمغ فارسی گزارش کرده‌اند [۵۶ و ۶۰] که این رفتار برای سایر صمغ‌ها نیز از جمله صمغ زانتان، گوار و دانه ریحان رفتار جریان‌ی غالب است [۶۱، ۶۲ و ۶۳]. همان‌گونه که اشاره شد هرچه مقدار شاخص توان به صفر نزدیک‌تر شود رفتار نرم‌شونده برشی بیشتر می‌باشد و در جدول ۵ مشاهده می‌شود که تیمارهای تان‌زدایی سبب رفتار نرم‌شونده بیشتری نسبت به شاهد هستند. کمترین میزان شاخص توان در مورد نمونه جوشانده شده به مدت ۱۵ دقیقه مشاهده شد. به نظر می‌رسد که تشکیل شبکه با پیوندهای هیدروژنی ضعیف [۶۴] باعث از بین رفتن تدریجی شبکه ایجاد شده پس از افزایش سرعت برشی و نهایتاً بروز بیشترین رفتار نرم‌شونده برشی (با کمترین میزان شاخص توان) در نمونه جوشانده شده به مدت ۱۵ دقیقه نسبت به نمونه شاهد و سایر نمونه‌های تیمار شده گردیده است. همچنین، احتمالا پیوند الکترواستاتیک ضعیف ایجاد شده بین Ca^{2+} در نمونه تیمار شده با محلول کلرید کلسیم ۱ درصد و H^+ در نمونه خیسانده شده به مدت ۱۸۰ دقیقه با گروه‌های دارای بار منفی صمغ سبب رفتار نرم شونده برشی بیشتر (کاهش شاخص توان) در مقایسه با نمونه شاهد شد.

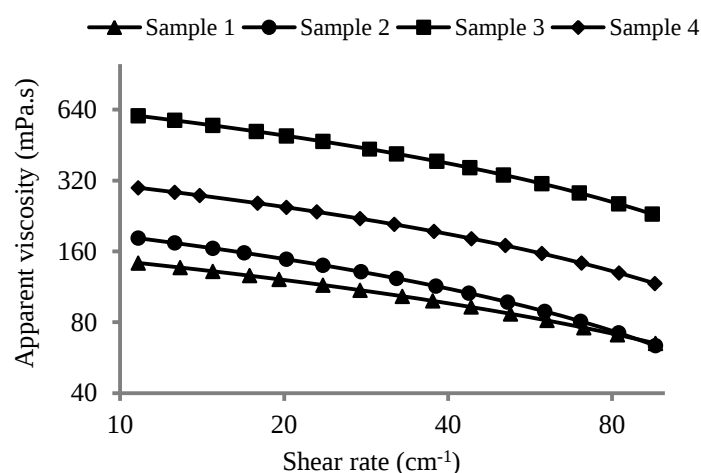


Fig 2 Effect of tannin removal methods with the highest efficiency on apparent viscosity of Persian gum samples (Sample 1: Control, Sample 2: Treated with 1% (w/w) CaCl₂ solution, Sample 3: Boiled for 15 min and Sample 4: Soaked in water for 180 min)

راندمان (بیش از ۶۰ درصد تانن زدایی)، موجب افزایش گرانروی ظاهری شدند؛ در حالی که، تغییری در نوع رفتار جریان نمونه‌ها ایجاد نکردند. بیشترین مقدار گرانروی ظاهری به ترتیب به نمونه‌های جوشانده شده به مدت ۱۵ دقیقه، خیسانده شده به مدت ۱۸۰ دقیقه و تیمار شده با محلول کلرید کلسیم ۱ درصد تعلق داشت نتایج این تحقیق نشان دهنده موثر بودن تیمارهای حرارتی و غیرحرارتی در کاهش میزان تانن صمغ فارسی بود که راه-های ارزان‌قیمتی برای کاهش تانن و افزایش کاربرد این صمغ در صنعت غذا می‌باشد.

۵- فهرست واژگان لاتین

Ion bridging

۶- منابع

- Zedo gum exudates from *Amygdalus scoparia*. Carbohydrate Polymers, 101, 1074-1080.
- [3] Abbasi, S. (2017). Challenges towards characterization and applications of a novel hydrocolloid: Persian gum. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 28, 37-45.
- [4] Rauser, W. E. (1999). Structure and function of metal chelators produced by plants: the case for

۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی تاثیر تیمارهای مختلف حرارتی و غیرحرارتی بر میزان تانن زدایی صمغ فارسی نشان‌دهنده این بود که تیمارهای غیرحرارتی از جمله خیساندن در آب به مدت ۱۸۰ دقیقه و استفاده از محلول کلرید کلسیم با غلظت ۱ درصد بیشترین تاثیر را در کاهش میزان تانن صمغ فارسی دارای رنگ قهوه‌ای داشتند. همچنین، در میان تیمارهای حرارتی، جوشاندن به مدت ۱۵ دقیقه باعث کاهش مقدار قابل توجهی از تانن (۶۷/۰۸ ± ۰/۱۹ درصد) صمغ فارسی دارای رنگ قهوه‌ای شد. از طرف دیگر، میزان کاهش وزن گرانول‌های صمغ فارسی در روش خیساندن به مدت ۱۸۰ دقیقه بیشتر از استفاده از محلول کلرید کلسیم ۱ درصد و جوشاندن به مدت ۱۵ دقیقه بود. تیمارهای تانن‌زدایی با بالاترین

[1] Rahimi, S., & Abbasi, S. (2014). Characterization of some physicochemical and gelling properties of Persian gum. Innovative Food Technologies, 1 (4), 13-27.

[2] Fadavi, G., Mohammadifar, M. A., Zargarraan, A., Mortazavian, A. M., & Komeili, R. (2014). Composition and physicochemical properties of

- [13] Rahate, K. A., Madhumita, M., & Prabhakar, P. K. (2021). Nutritional composition, antinutritional factors, pretreatments-cum-processing impact and food formulation potential of faba bean (*Vicia faba* L.): A comprehensive review, *LWT-Food Science and Technology*, 138, 110796.
- [14] Sharma, K., Kumar, V., Kaur, J., Tanwar, B., Goyal, A., Sharma, R., Gat, Y., & Kumar, A. (2019). Health effects, sources, utilization and safety of tannins: a critical review, *Toxin Review*, 1-13.
- [15] Amalraj, A., & Pius, A. (2015). Influence of oxalate, phytate, tannin, dietary fiber, and cooking on calcium bioavailability of commonly consumed cereals and millets in India. *Cereal Chemistry*, 92 (4), 389-394.
- [16] Olawoye, B. T., & Gbadamosi, S. O. (2017). Effect of different treatments on in vitro protein digestibility, antinutrients, antioxidant properties and mineral composition of *Amaranthus viridis* seed. *Cogent Food & Agriculture*, 3 (1), 1296402.
- [17] Mittal, R., Nagi, H. P. S., Sharma, P., & Sharma, S. (2012). Effect of Processing on Chemical Composition and Antinutritional Factors in Chickpea Flour. *Journal of Food Science and Engineering*, 2, 180-186.
- [18] El-Geddawy M. A. U., Sorour, M. A., Abou-El-Hawa, S. H., & Taha, E. M. M. (2019). Effect of domestic processing and microwave heating on phenolic compounds and tannins in some oil seeds. *SVU-International Journal of Agricultural Science*, 1 (2), 23-32.
- [19] Adegunwa, M. O., Adebawale, A. A., Bakare, H. A., and Kalejaiye, K. K. 2014. Effects of treatments on the antinutritional factors and functional properties of bambara groundnut (*Voandzeia Subterranea*) flour. *Journal of Food Processing and Preservation*; 38 (4): 1875-1881.
- [20] Das, I., Sasmal, S., & Arora, A. (2021). Effect of thermal and non-thermal processing on organic acids, amino acids, phytin, and metallothioneins. *Cell Biochem Biophys*, 31(1), 19-48.
- [5] McDonald, M., Mila, I., and Scalbert, A. (1996). Precipitation of Metal Ions by Plant Polyphenols: Optimal Conditions and Origin of Precipitation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(2), 599-606.
- [6] Abbasi, S., and Mohammadi, S. (2013). Stabilization of milk–orange juice mixture using Persian gum: Efficiency and mechanism. *Food Bioscience*, 2, 53-60.
- [7] Azarikia, F., & Abbasi, S. (2016). Mechanism of soluble complex formation of milk proteins with native gums (tragacanth and Persian gum). *Food Hydrocolloids*, 59, 35-44.
- [8] Teimouri, S., Abbasi, S., and Scanlon, M. (2017). Stabilisation mechanism of various inulins and hydrocolloids: Milk-sour cherry juice mixture. *International Journal of Dairy Technology*, 71(1), 208-215.
- [9] Sharma, N. K., Beniwal, V., Kumar, N., Kumar, S., Pathera, A. K., & Ray, A. (2014). Production of tannase under solid-state fermentation and its application in detannification of guava juice. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*, 44 (3), 281-290.
- [10] Ashok, P. K., & Upadhyaya, K. (2012). Tannins are Astringent. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 3 (1), 45-50.
- [11] Hagerman, A. E., & Butler, L. G. (1989). Choosing appropriate methods and standards for assaying tannin. *Journal of Chemical Ecology*, 15 (6), 1795-1810.
- [12] Bromand, F., Ghoreyshi, S. M., Karegar, S., & Fazayeli, M. Study on application of tannin features. 3rd international conference on applied research in science and engineering, 5th January, (2019).

- [28] Salehi, F., Kashaninejad, M., & Behshad, V. (2014). Effect of sugars and salts on rheological properties of Balangu seed (*Lallemantia royleana*) gum. *International Journal of Biological Macromolecules*, 67, 16-21.
- [29] Hosseini, E., Mozafari, H., Hojjatoleslami, M., & Roustaei, E. (2017). Influence of temperature, pH and salts on rheological properties of bitter almond gum. *Food Science and Technology*, 37 (3): 437-443.
- [30] Abedi, E., Majzoobi, M., Farahnaky, A., Pourmohammadi, K., & Mahmoudi, M. R. (2018). Effect of ionic strength (NaCl and CaCl₂) on functional, textural and electrophoretic properties of native and acetylated gluten, gliadin and glutenin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 120, 2035-2047.
- [31] Yousefi, A., Khodabakhshaghdam, S., Razavi, S. M. A., Tavakoli, J., & Hosseinzadeh, G. (2021). Time-dependent (thixotropic) rheological behavior of sage seed gum in the presence of some salts and sugars. *Innovative Food Technologies*, 8 (2), 235-252.
- [32] Hedayati, S., Majzoobi, M., Shahidi, F., Koocheki, A., & Farahnaky, A. (2016). Effects of NaCl and CaCl₂ on physicochemical properties of pregelatinized and granular cold-water swelling corn starches. *Food Chemistry*, 213, 602-608.
- [33] Thombare, N., Jha, U., Mishra, S., & Siddiqui, M. (2016). Guar Gum as a Promising Starting Material for Diverse Applications: A Review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 88, 361-72.
- [34] Sun, C., Zhu, S., Xu, S., Liu, M., Wu, J., & Bai, B. (2021). Molecular physics in ion-bridging effect for wettability alteration of rock surfaces. *Chemical Physics Letters*, 763, 138201.
- [35] Azarikia, F., & Abdanan Mehdizadeh, S. (2022). Extending shelf life of noughl by modifying relative humidity of the container: Study of astringency reduction and nutrient retention in cashew apple fruit and its juice. *Journal of Food Science and Technology*, 58 (6), 2337-2348.
- [21] Ghahfarokhi, M. G., Malami, Mahoonak, A. S., Ghorbani, M., & Azizi, M. (2012a). Effect of soaking in water, alkali and acetic acid to remove polyphenol from kernel of two Iranian acorn varieties. *The Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 7 (1), 50-59.
- [22] Ghahfarokhi, M. G., Malami, Mahoonak, A. S., Ghorbani, M., & Azizi, M. (2012b). Chemical composition and effect of thermal processing methods on polyphenol content of two Iranian acorn varieties. *Journal of Food Research (Agricultural Science)*, 21 (4), 421.
- [23] Sharma, A. (2021). A review on traditional technology and safety challenges with regard to antinutrients in legume foods. *Journal of Food Science and Technology*, 58 (8), 2863-2883.
- [24] Niu, F., Kou, M., Fan, J., Pan, W., Feng, Z. J., Su, Y., Yang, Y., & Zhou, W. (2018). Structural characteristics and rheological properties of ovalbumin-gum arabic complex coacervates. *Food Chemistry*, 260, 1-6.
- [25] Postulkova, H., Chamradova, I., Pavlinak, D., Humpa, O., Jancar, J., & Vojtova, L. (2017). Study of effects and conditions on the solubility of natural polysaccharide gum karaya. *Food Hydrocolloids*, 67, 148-156.
- [26] Ibrahim, A., Yaser, A. Z., & Lamaming, J. (2021). Synthesising tannin-based coagulants for water and wastewater application: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9 (1), 105007.
- [27] Kaspchak, E., Goedert, A. C., Igarashi-Mafra, L., & Mafra, M. R. (2019). Effect of divalent cations on bovine serum albumin (BSA) and tannic acid interaction and its influence on turbidity and in vitro protein digestibility. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136, 486-492.

physicochemical and textural properties. Research and Innovation in Food Science and Technology, 11(3), 233-246.

[36] Mashitoa, F. M., Manhivi, V., Slabbert, R. M., Shai, J. L., & Sivakumar, D. (2021). Changes in antinutrients, phenolics, antioxidant activities and in vitro α -glucosidase inhibitory activity in pumpkin leaves (*Cucurbita moschata*) during different domestic cooking methods. Food Science and Biotechnol, 30 (6), 793-800.

[37] Kataria, A., Sharma, S. & Dar, B. N. (2021). Changes in Phenolic Compounds, Antioxidant Potential and Antinutritional Factors of Teff (*Eragrostis tef*) during Different Thermal Processing Methods. International Journal of Food Science and Technology, 57 (11), 6893-6902.

[38] Xu, Y., Cartier, A., Obielodan, M., Jordan, K., Hairston, T., Shannon, A., & E. Sismour, E. (2016). Nutritional and anti-nutritional composition, and in vitro protein digestibility of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by differential processing methods. Journal of Food Measurement and Characterization, 10 (3), 625-633.

[39] Khattab, R. Y., & Arntfield, S. D. (2009). Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. LWT-Food Science and Technology, 42 (6), 1113-1118.

[40] Asokapandian, S., Swamy, G. J., & Hajjul, H. (2019). Deep fat frying of foods: A critical review on process and product parameters. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 60 (20), 3400-3413.

[41] Sharma, S., Singh, A., Sharma, U., Kumar, R., & Yadav, N. (2017). Effect of thermal processing on antinutritional factors and in vitro bioavailability of minerals in desi and kabuli cultivars of chick pea

grown in North India. Legume Research-An International Journal, 41 (2), 267-274.

[42] Mustafa, A., Abouelenein, D., Acquaticci, L., Alessandroni, L., Abd-Allah, R., Borsetta, G., Sagratini, G., Maggi, F., Vittori, S., & Caprioli, G. (2021). Effect of Roasting, Boiling, and Frying Processing on 29 Polyphenolics and Antioxidant Activity in Seeds and Shells of Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.). Plants, 10 (10), 2192.

[43] Zameni, A., Kashaninejad, M., Aalami, M., & Salehi, F. (2014). Effect of thermal and freezing treatments on rheological, textural and color properties of basil seed gum. Journal of Food Science and Technology, 52 (9), 5914-5921.

[44] Salehi, F., & Kashaninejad, M. (2017). Effect of drying methods on textural and rheological properties of basil seed gum. International Food Research Journal, 24 (5), 2090-2096.

[45] Sherahi, M. H., Shadaei, M., Ghobadi, E., Zhandari, F., Rastgou, Z., & Hashemi, S. M. B. (2018). Effect of temperature, ion type and ionic strength on dynamic viscoelastic, steady-state and dilute-solution properties of *Descurainia sophia* seed gum. Food Hydrocolloids, 79, 81-89.

[46] Iqbal, J. M., Akbar, W. M., & Aftab, M. R. (2019). Heat and mass transfer modeling for fruit drying: a review. MOJ Food Process & Technology, 7, 69-73.

[47] Xiang, Y., Liu, Y., Mi, B., & Leng, Y. (2014). Molecular dynamics simulations of polyamide membrane, calcium alginate gel, and their interactions in aqueous solution. Langmuir, 30 (30), 9098-9106.

[48] Dabestani, M., Kadkhodaei, R., Phillips, G., & Abbasi, S. (2018). Persian gum: A comprehensive review on its physicochemical and functional properties. Food Hydrocolloids, 78, 92-99.

- [49] Bu, X., Pei, J., Zhang, F., Liu, H., Zhou, Z., Zhen, X., Wang, J., Zhang, X., & Chan, H. (2018). The hydration mechanism and hydrogen bonding structure of 6-carboxylate chitoooligosaccharides superabsorbent material prepared by laccase/TEMPO oxidation system. *Carbohydrate Polymers*, 188, 151-158.
- [50] Khalesi, H., Alizadeh, M., & Rezazad Bari, M. (2012). Physicochemical and functional properties of Zedo gum exudating from *Amygdalus scoparia* Spach trees in the Miyan Jangal area of the Fars province. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 8 (3), 317-326.
- [51] Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. (2014). Guar gum: processing, properties and food applications- a review. *Journal of Food Science and Technology*, 51 (3), 409-18.
- [52] Teleszko, M., Nowicka, P., & Wojdyło, A. (2016). Effect of cultivar and storage temperature on identification and stability of polyphenols in strawberry cloudy juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 54, 10-19.
- [53] Zhao, F., Guo, Y., Zhou, X., Shi, W., & Yu, G. (2020). Materials for solar-powered water evaporation. *Nature Reviews Materials*, 5 (5), 388-401.
- [54] Xu, T., Han, Q., Cheng, Z., Zhang, J., & Qu, L. (2018). Interactions between Graphene- Based Materials and Water Molecules toward Actuator and Electricity- Generator Applications. *Small Methods*, 2 (10), 1800108.
- [55] Mostafavi, F. S., Kadkhodai, R., Emadzade, B., & Koochaki, A. (2016). Evaluating Rheological Behaviour of Tragacanth Gum Blend with QodoumeShirazi, Farsi and Locust Bean Gums. *Journal of food science and technology*, 14 (63), 141-129.
- [56] Srichamroen, A. (2007). Influence of Temperature and Salt on Viscosity Property of Guar Gum. *Naresuan University Journal*, 15 (2), 55-62.
- [57] Samutsri, W., & Suphantharika, M. (2012). Effect of salts on pasting, thermal, and rheological properties of rice starch in the presence of non-ionic and ionic hydrocolloids. *Carbohydrate Polymers*, 87 (2), 1559-1568.
- [58] Azarikia, F., & Abbasi, S. (2010). On the stabilization mechanism of Doogh (Iranian yoghurt drink) by gum tragacanth. *Food Hydrocolloids*, 24, 358-363.
- [59] Reinoso, D., Martín-Alfonso, M. J., Luckham, P. F., & Martínez-Boza, F. J. (2019). Rheological characterisation of xanthan gum in brine solutions at high temperature. *Carbohydrate Polymers*, 203, 103-109.
- [60] Amini Rastabi, J., & Nasirpour, A. (2017). Comparison of Some Physicochemical and Functional Properties of Farsi Gum and Other Rosaceae Plant Gum Exudates. *Journal of Science and Engineering Elites*, 2 (1), 110-118.
- [61] Zhong, L., Oostrom, M., Truex, M. J., Vermeul, V. R., & Szecsody, J. E. (2013). Rheological behavior of xanthan gum solution related to shear thinning fluid delivery for subsurface remediation. *Journal of Hazardous Materials*, 244-245, 160-170.
- [62] Torres, M. D., Hallmark, B., & Wilson, D. I. (2014). Effect of concentration on shear and extensional rheology of guar gum solutions. *Food Hydrocolloids*, 40, 85-95.
- [63] Vieira, J. M., Mantovani, R. A., Raposo, M. F. J., Coimbra, M. A., Vicente, A. A., & Cunha, R. L. *America*, 110 (32), 12887-12892.
- (2019). Effect of extraction temperature on rheological behavior and antioxidant capacity of flaxseed gum. *Carbohydrate Polymers*, 213, 217-227.
- [64] Forget, A., Christensen, J., Lüdeke, S., Kohler, E., Tobias, S., Matloubi, M., Thomann, R., & Shastri, V. P. (2013). Polysaccharide hydrogels with tunable stiffness and provasculogenic properties via α -helix to β -sheet switch in secondary structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110 (32), 12887-12892.



Scientific Research

Application of different thermal and non-thermal methods for removal of tannin from Persian gum

Pardis Ghasemi¹, Fatemeh Azarikia^{2*}

1- M.Sc, Department of food technology, Faculty of agricultural technology (Aburaihan), University of Tehran, Pakdasht, Iran.

2- Assistant Professor, Department of food technology, Faculty of agricultural technology (Aburaihan), University of Tehran, Pakdasht, Iran.

ABSTRACT

Persian gum is an Iranian native gum which obtains from the trunk and branches of wild almond tree. This gum is found in different colors and there is a direct relation between its color and tannin content: the darker the color, the higher the amount of tannin. Since the bioavailability of proteins and minerals is limited by tannins, they are known as anti-nutrient compounds; hence, it is essential to remove tannin from Persian gum in order to increase its quality and amount of utilization in the food industry. Thereupon, tannin removal from Persian gum using different thermal and non-thermal methods was the main aim of this research. In this regard, soaking either in water or saline solutions (mono- and divalent salts) was considered as non-thermal method. On the other hand, autoclaving (121 °C for 20 min) and boiling (5, 10 and 15 min) were applied as thermal methods for tannin removal of Persian gum which was categorized based on color: white, yellow and brownish. As well, weight reduction of gum granules and rheological properties were investigated after tannin removal. According to the results, the highest tannin removal was observed in the case of brownish Persian gum and the most yield of tannin removal belonged to soaking in water for 180 min (75.67 ± 0.25 %), using CaCl_2 solution at the concentration of 1% (w/w) (74.32 ± 0.54 %) and boiling for 15 min (67.08 ± 0.19 %), respectively ($p < 0.05$). Based on rheological analysis, apparent viscosity of samples after soaking either in water or CaCl_2 solution as well as boiling was higher than control sample. However, the suitable rheological model for control and the treated gums was Herschel-Bulkley, indicating that type of flow behavior did not been affected by tannin removal.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2023/1/29

Accepted : 2023/4/15

Keywords:

Tannin removal,

Color

Native gums,

Soaking,

Rheological properties.

DOI: 10.22034/FSCT.20.136.117

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.136.10.8

*Corresponding Author E-Mail:

azarikia@ut.ac.ir