



تأثیر صمغ زانتان و پلی ساکارید محلول در آب سویا بر ویژگی‌های شربت خاکشیر فراسودمند

سعید جعفری^۱، محمد حجتی^{۲*}، حسین جوینده^۲، محمد نوشاد^۳، حسن برزگر^۳

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران

^۲دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران

^۳استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: خاکشیر (*Descurainia sophia* L.) گیاهی یکساله است که در مناطق مختلف جهان از جمله ایران یافت می‌شود. دانه خاکشیر و شربت آن به طور سنتی از زمان‌های قدیم به عنوان درمان اسهال، گرمادگی، تپش قلب، ناراحتی معده، ناتوانی جنسی، التهاب روده، یبوست، التهابات پوستی، ملین و ضد تب تجویز شده است. تولید شربت خاکشیر در صنعت غذا علیرغم دارا بودن مزایای دارویی و تغذیه‌ای منحصر به فرد آن، با دو مشکل عمده مواجه است. نخست به دلیل وجود مقادیر زیاد شکر در فرمولاسیون این نوشیدنی که باعث می‌شود مصرف این نوشیدنی برای بیماران دیابتی مناسب نباشد، از سوی دیگر ناپایداری دانه خاکشیر پس از تولید یکی دیگر از مشکلات عمده این نوشیدنی سنتی می‌باشد که تولید تجاری آنرا محدود می‌کند. هدف از این پژوهش نخست بررسی امکان جایگزینی شیره انگور با شکر به عنوان یک شیرین کننده فراسودمند و سپس امکان پایداری این شربت با استفاده از صمغ زانتان و پلی ساکارید محلول در آب سویا (SSPS) می‌باشد.

مواد و روش‌ها: برای تهیه شربت خاکشیر فراسودمند، اولین مرحله بررسی شیره انگور: شکر (۱۰۰:۰، ۹۰:۱۰، ۸۰:۲۰، ۷۰:۳۰، ۶۰:۴۰، ۵۰:۵۰) در فرمولاسیون شربت خاکشیر به عنوان جایگزین شکر بود. سپس به منظور پایداری شربت خاکشیر، تأثیر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد وزنی/حجمی) و پلی ساکارید محلول در آب سویا (۱، ۲ و ۳ درصد وزنی/حجمی) مورد بررسی قرار گرفت. برای پاستوریزاسیون، نمونه‌ها در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه حرارت داده شده و سپس تا ۷ درجه سانتی‌گراد سرد شدند. سپس برخی ویژگی‌های شربت‌های خاکشیر(بریکس)، pH، دوفاز شدن، ویژگی‌های رنگی، رئولوژیکی و حسی) با هم مقایسه شدند. بریکس و pH به ترتیب با رفرکتومتر و pH متر اندازه‌گیری شدند. پایداری نمونه‌ها با اندازه‌گیری دوفاز شدن پس از سی روز نگهداری در یخچال بررسی گردید. ویژگی‌های رنگی شامل شاخص روشنایی، قرمزی، زردی، قهوه‌ای شدن و کاراملی شدن با استفاده از رنگ سنج کونیکامینولتا ارزیابی گردید. ویژگی‌های رئولوژیکی شربت‌ها با استفاده از ویسکومتر مورد سنجش قرار گرفت. خصوصیات حسی نمونه‌ها شامل رنگ، طعم، بو، قابلیت روان شدن، احساس دهانی و پذیرش کلی با بهره‌گیری از ده نفر ارزیاب آموزش دیده مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین داده با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام گرفت.

*مسئول مکاتبات: hojjati@ramin.ac.ir

یافته‌ها: براساس نتایج این تحقیق، مطلوب‌ترین نسبت شیره‌انگور به شکر در شربت خاکشیر از نظر ویژگی‌های حسی مورد بررسی توسط ارزیاب‌ها نسبت ۴۰ به ۶۰ بود. بنابراین شربت خاکشیر فراسودمند مطلوب از نظر ارزیاب‌ها دارای ۵ درصد دانه خاکشیر، ۶ درصد شکر و ۴ درصد شیره انگور بود. نتایج نشان داد که افزودن صمغ زانتان و پلی‌ساکارید محلول در آب سویا هیچ تاثیری بر بریکس و pH نمونه‌ها نداشت. همچنین پلی‌ساکارید محلول در آب سویا در پایداری شربت خاکشیر موثر نبود در حالی که صمغ زانتان پایداری شربت‌ها را افزایش داد. استفاده از صمغ زانتان در غلظت ۰/۳ درصد به مدت ۳۰ روز از دوفاز شدن شربت خاکشیر به طور کامل جلوگیری کرد. مناسب‌ترین رفتار برای شربت شاهد و نمونه‌های دارای پلی‌ساکارید محلول در آب سویا رفتار نیوتونی و برای نمونه‌های حاوی صمغ زانتان رفتار سودوپلاستیک بود. نتایج رنگ‌سنجی نشان داد که پاستوریزاسیون باعث افزایش شاخص‌های روشنایی، قرمزی، زردی، کاراملی شدن و قهوه‌ای شدن نمونه‌ها شد. همچنین ویژگی حسی شربت‌های خاکشیر پایدارشده بسیار شبیه به نمونه‌های شاهد بودند.

نتیجه‌گیری: براساس یافته‌های این پژوهش می‌توان صمغ زانتان در غلظت ۰/۳ درصد را به‌عنوان بهترین سطح برای پایدارکنندگی شربت خاکشیر فراسودمند حاوی ۴۰٪ شیره انگور جایگزین شده در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: پلی‌ساکارید محلول در آب سویا، جایگزین سوکروز، خاکشیر، شیره انگور، زانتان.

مقدمه

که از جوشاندن و تغلیظ آب انگور تا درجه بریکس بالای ۸۰-۷۰ درصد، و بدون افزودن شکر یا سایر افزودنی‌های دیگر به محصول اصلی به دست می‌آید. این فرآورده حاوی مقادیر بالایی قند طبیعی، مواد معدنی، اسیدهای آلی و عوامل آنتی‌اکسیدانی و ویتامین‌های از قبیل B₁, B₂, C, A است، از این رو نقش عمده‌ای را در تغذیه گروه‌های سنی مختلف علی‌الخصوص کودکان و ورزشکاران ایفا می‌کند. وجود مقادیر بالای مونو ساکاریدهای قابل هضم در شیر انگور باعث می‌شود که این محصول به سرعت در بدن جذب شده و لذا برای افرادی که بر اثر یک بیماری طولانی یا عمل جراحی از لحاظ جسمانی تضعیف شده اند بسیار مفید واقع شود. هم چنین شیر انگور منبع خوبی از عناصر ضروری بدن از قبیل مس، روی و آهن بوده به گونه‌ای که حتی آهن موجود در شیر انگور می‌تواند در درمان افراد مبتلا به کم خونی مناسب باشد (۱۲). قند ساکارز در شیر انگور یافت نمی‌شود زیرا این قند تقریباً به طور کامل در مرحله جوشیدن هیدرولیز می‌شود (۱۵). اصطلاح هیدروکلونیدها معمولاً برای توصیف گروهی از پلی ساکاریدها و پروتئین‌ها به کار می‌رود که امروزه به طور وسیعی در انواع بخش‌ها برای کاربردهای مختلفی از قبیل تغلیظ کنندگی و ژل کنندگی محلول‌های آبی، ثبات کف، امولسیون‌ها و دیسپرسیون‌ها، جلوگیری از تشکیل کریستال یخ و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۰). صمغ زانتان یک پلی ساکارید طبیعی خارج سلولی است که توسط باکتری *گزانتموناس کمپستریس* تولید می‌شود. این صمغ یک هتروپلی ساکارید است که از واحدهای تکراری دو واحد گلوکز، دو واحد مانوز و یک واحد گلوکورونیک اسید تشکیل شده است. زنجیره اصلی آن را واحدهای قند گلوکز که با اتصال بتا-۱ به ۴ به هم متصل هستند، تشکیل داده است، و زنجیره‌های

خاکشیر، گیاهی یک تا دوساله از خانواده کروسیفرا (*Cruciferae*) و از تیره شب بویان با نام علمی دسکورینا سوفیا (*Descurainia sophia* L.) که از آن در بعضی منابع با اسامی سی‌سیمبریوم سوفیا (*Sisymbrium sophia* L.) و نیز سی‌سیمبریوم ایریو (*Sisymbrium irio* L.) یاد می‌شود. گیاه خاکشیر دارای ظاهری کرک مانند در پایین گیاه و سری بدون کرک بوده و از نظر طب سنتی، گیاهی گرم با خواص گسترده از جمله التیام بخش زخم‌ها و جراحات، تب بر، رفع اسهال، دفع کرم و سنگ کلیه، رفع کمبود ویتامین ث، خواص ضد عفونی کنندگی، تسکین سرفه و ناراحتی قفسه سینه، جلوگیری از تنگی نفس، کاهش ادم، تسهیل خروج ادرار و درمان سرطان و نارسایی قلبی می‌باشد (۵ و ۱۶). این گیاه بومی نواحی آسیای معتدل و گرم سیری شامل (افغانستان، ارمنستان، آذربایجان، چین، گرجستان، ایران و عراق) و اروپا می‌باشد (۱۱). در کشور ما از دانه خاکشیر اغلب به منظور تهیه شربت به ویژه در فصل تابستان استفاده می‌شود. آمار افراد مبتلا به دیابت در جهان در سال ۲۰۰۰ تقریباً ۱۷۱ میلیون نفر گزارش شده که پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ به ۳۶۶ میلیون نفر خواهد رسید (۲). از طرفی طبق آمار فدراسیون بین المللی دیابت تعداد افراد مبتلا به دیابت نوع ۲ در گروه سنی ۷۹-۲۰ سال در کشور ایران در سال ۲۰۰۷ حدود ۲ میلیون و ۵۶۵ هزار نفر تخمین زده شده است که تا سال ۲۰۲۵ به حدود ۵ میلیون و ۱۱۴ هزار نفر خواهد رسید. لذا در دهه‌های اخیر تمایل به مصرف مواد غذایی کم کالری با جایگزین‌های قند به منظور کاهش انرژی دریافتی، کنترل وزن بدن، مشکلات مربوط به سلامتی مانند دیابت و کاهش قند خون رواج بیشتری پیدا کرده است (۲). شیر انگور یکی از محصولات سنتی مناطق انگورخیز ایران است

در غلظت‌های بالا نیز قادر به پایدارسازی شربت خاکشیر نبود (۵). فرجی‌کفشگری و همکاران (۲۰۱۴) به تاثیر جایگزینی شکر با شیره انگور بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی بستنی وانیلی پرداختند. در این پژوهش از شیره انگور در ۵ سطح (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) به عنوان جایگزین شکر در فرمولاسیون بستنی وانیلی استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از شیره انگور در سطح جایگزینی ۵۰ درصد مناسب‌ترین سطح جهت جایگزینی شیره انگور با شکر در فرمولاسیون بستنی وانیلی می‌باشد (۷). آکاراچانیاکورن و تینرات (۲۰۱۵) به بررسی تاثیر پایدارکننده‌ها (کربوکسی متیل سلولز و صمغ زانتان) بر ویژگی‌های فیزیکی آب میوه شاه‌توت (حاوی ۵ درصد پالپ) با استفاده از نسبت‌های جرمی پایدارکننده (۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد) پرداختند. افزایش بخش جرمی پایدارکننده، ویسکوزیته، کدورت و ثبات کدورت را افزایش داد. استفاده از صمغ زانتان به عنوان پایدارکننده محصول نتایج بهتری نسبت به کربوکسی متیل سلولز به این پارامترها داشت. آب شاه‌توت حاوی ۰/۵ درصد صمغ زانتان هیچ‌گونه رسوبی در طول نگهداری تولید نکرد (۱). مهجوریان و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تاثیر افزودن صمغ‌های گوار (۰/۳ درصد)، زانتان (۰/۳ درصد) و مخلوط دو صمغ به نسبت ۰/۱۵:۰/۱۵ درصد بر روی خصوصیات رئولوژیکی و جداسازی سرمی دوغ کم‌چرب پرداختند. رفتار رئولوژیکی دوغ حاصل توسط مدل استوالد دی ال برآزش داده شد و محاسبات ریاضی داده‌ها براساس این مدل نشان داد که دوغ کم‌چرب از نوع سیال غیرنیوتومی و از نوع رقیق شونده با برش (شبه‌پلاستیک) است (۱۹). آذری‌کیا و همکاران (۲۰۰۹)، تاثیر پکتین با متوکسیل بالا، کتیرا و صمغ لوبیای خرنوب به صورت تکی و ترکیبی، تراگاکانتین و پلی‌ساکارید محلول سویا بر

جانبی آن از یک واحد د-گلوکورونیک اسید که بین دو واحد د-مانوز در موقعیت ۳-O گلوکز به زنجیر اصلی متصل شده است را تشکیل می‌دهد. صمغ زانتان در آب سرد و گرم حلالیت بالایی دارد و این رفتار ناشی از طبیعت پلی‌الکترولیت مولکول زانتان است (۹). محلول‌های آبی زانتان در غلظت‌های کم ویسکوزیته بالایی را به وجود می‌آورند، این محلول‌ها خاصیت سودوپلاستیک بسیار قوی داشته ولی خاصیت تیکسوتروپیک ندارند. از طرفی صمغ زانتان در غلظت‌های خیلی کم باعث تشکیل شبکه‌های درگیر برگشت پذیر می‌شود. از ویژگی‌های دیگر محلول این صمغ می‌توان به ویسکوپلاستیسیته آن اشاره نمود، بطوریکه این صمغ حتی در غلظت‌های پایین نقطه تسلیم بالایی را از خود نشان می‌دهد (۱۴). اولین بار پلی‌ساکاریدهای محلول در آب سویا (SSPS) از ایزوله پروتئین سویا تحت شرایط ویژه‌ای استخراج گردید (۱۷). اجزای SSPS شامل گالاکتوز، آرابینوز، گالاکتورونیک اسید و رامنوز است (۱۳)، اگرچه سایر پژوهشگران به حضور قندهای فوکوز، گزیلوز و گلوکز نیز در آن اشاره کرده اند (۲۴). از ویژگی‌های این پلی‌ساکارید می‌توان به ویسکوزیته نسبتاً پایین و پایداری بالا در محلول‌های آبی اشاره نمود. از جمله کاربردهای مختلف SSPS می‌توان خاصیت پایدارکنندگی، امولسیون‌کنندگی و چسبندگی را بیان نمود (۱۳). بهبهانی و عباسی (۲۰۱۴) به بررسی امکان پایدارسازی شربت خاکشیر با استفاده از صمغ فارسی و صمغ کتیرا پرداختند، نتایج نشان داد که شربت خاکشیر در حضور مقادیر ۰/۸ درصد بخش نامحلول صمغ فارسی، ۱/۲ درصد صمغ کامل فارسی، ۰/۱۴ درصد فاز نامحلول کتیرا، ۰/۰۵ درصد فاز محلول کتیرا و ۰/۳ درصد صمغ کامل کتیرا به حالت معلق در آمده و پایدار شد، اما فاز محلول صمغ فارسی حتی

1. Soluble Soybean Polysaccharide

محلی (بروجرد، ایران) خریداری و شناسایی آن توسط کارشناس کشاورزی جهاد کشاورزی و تأیید دکتر ابدالی از دانشکده کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین انجام پذیرفت. شکر سفید (شرکت دیپون آریانا، تهران، ایران) از فروشگاه محلی خریداری شد. صمغ زانتان (شرکت رودیا فود، پاریس، فرانسه) و SSPS (شرکت فوجی اوپل، اوزاکا، ژاپن) به عنوان پایدار کننده استفاده شد. شیره انگور از تولیدکنندگان محلی (بروجرد، لرستان) که عاری از هرگونه افزودنی و شکر افزوده بود تهیه گردید. بریکس شیره انگور خریداری شده ۷۱ بود و میزان شیره انگور مورد نیاز از طریق تقسیم میزان شکر نمونه شاهد بر بریکس شیره انگور حاصل شد.

تهیه شربت خاکشیر: تولید شربت خاکشیر در این پژوهش بر اساس روش بهبهانی و عباسی (۲۰۱۴) با اندکی تغییر انجام شد. در این پژوهش نخست از شیره انگور به عنوان جایگزین شکر در سطح ۵۰-۰ درصد در ۶ تیمار (۱۰۰:۰، ۹۰:۱۰، ۸۰:۲۰، ۷۰:۳۰، ۶۰:۴۰، ۵۰:۵۰ درصد شکر: درصد شیره انگور) در فرمولاسیون شربت خاکشیر استفاده گردید. در این مرحله پس از توزین هرکدام از اجزا ابتدا به ترتیب شیره انگور، شکر و دانه خاکشیر به درون ظروف محتوی آب مقطر اضافه شده و نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه بر روی هات پلیت بدون اعمال حرارت هم زده شدند تا کاملاً آماده شوند. پس از تهیه نمونه‌ها به منظور انجام فرآیند پاستوریزاسیون، نمونه‌های شربت خاکشیر در بشرهای شیشه‌ای یک لیتری پوشانده شده با فویل آلومینیومی در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱ دقیقه در بن ماری (ممرت، آلمان) پاستوریزه شدند، سپس نمونه‌ها بلافاصله توسط مخلوط آب و یخ سرد شدند. نمونه‌ها تا هنگام انجام آزمون حسی در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. به منظور انجام برخی ویژگی‌های

پایداری دوغ ترش و تأثیر کتیرا و صمغ لوبیای خرنوب در پایدارسازی دوغ پری‌بیوتیک (دوغ حاوی اینولین) به مدت ۳۰ روز را بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از تراگانانتین، کتیرا و صمغ لوبیای خرنوب به ترتیب در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد به مدت ۳۰ روز و پلی‌ساکاریدهای نوع M متوکسیل زدایی شده در غلظت ۰/۶ درصد به مدت ۶ روز از دو فاز شدن دوغ جلوگیری کرد. همچنین ترکیب کتیرا و صمغ لوبیای خرنوب در غلظت ۰/۲ درصد و نسبت‌های ۲۰:۸۰ و ۵۰:۵۰ سبب پایداری کامل دوغ شد (۳).

شربت خاکشیر یکی از نوشیدنی‌های سستی می‌باشد اما تولید این نوشیدنی سستی علی‌رغم دارا بودن اثرات تغذیه‌ای و خواص درمانی منحصر به فرد با دو مشکل عمده مواجه است: نخست به دلیل وجود شکر در فرمولاسیون این نوشیدنی مصرف آن با محدودیت شدیدی در بیماران دیابتی همراه است، از سوی دیگر ناپایداری دانه‌های خاکشیر پس از تولید یکی دیگر از مشکلات عمده این نوشیدنی سستی می‌باشد. لذا هدف از این پژوهش نخست بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف شیره انگور به عنوان جایگزین شکر به منظور تولید یک نوشیدنی فراسودمند و سپس تأثیر غلظت‌های مختلف صمغ‌های زانتان و SSPS بر روی پایداری دانه‌های خاکشیر در فرمولاسیون بهینه شربت خاکشیر مرحله نخست می‌باشد. هدف از این پژوهش نخست بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف شیره انگور به عنوان جایگزین شکر به منظور تولید یک نوشیدنی فراسودمند و سپس تأثیر غلظت‌های مختلف صمغ‌های زانتان و SSPS بر روی پایداری دانه‌های خاکشیر در فرمولاسیون بهینه شربت خاکشیر مرحله نخست می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد: خاکشیر (گونه دسکورینا سوفیسا) از عطاری

آزمون حسسی در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند(۵).

اندازه‌گیری میزان دو فاز شدن: برای بررسی میزان دو فاز شدن، نمونه‌های شربت خاکشیر را در فالكون‌های ۵۰ میلی‌لیتری دربسته ریخته و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد طی مدت ۳۰ روز نگهداری شدند. برای محاسبه میزان دو فاز شدن نمونه‌ها میزان فاز بالایی توسط خط کش، اندازه‌گیری و بر کل مقدار شربت خاکشیر محتوی لوله تقسیم و در عدد ۱۰۰ ضرب شد (۳).

مواد جامد محلول (BX): اندازه‌گیری مواد جامد محلول نمونه‌های شربت خاکشیر با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دستی (مدل N-1a، شرکت آتاگو، توکیو، ژاپن) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت و نتایج بر حسب بریکس گزارش شدند.

pH: pH نمونه‌های شربت خاکشیر پس از تهیه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با استفاده از pH متر (متر و هم pH-lab-827، سوئیس) اندازه‌گیری شد.

شاخص‌های رنگی: شاخص‌های رنگی نمونه‌های شربت خاکشیر با استفاده از دستگاه رنگ سنج (کونیکا مینولتا، مدل CR-400، ژاپن) اندازه‌گیری و شاخص‌های L^* (شاخص شفافیت - تیرگی)، a^* (شاخص قرمزی - سبزی) و b^* (شاخص زرد - آبی)، Hue (رنگمایه یا شاخص کاراملی شدن)، BI (شاخص قهوه‌ای شدن) و ΔE (اختلاف رنگ کلی) با استفاده از روابط ۱، ۲، ۳، ۴ تعیین گردیدند:

$$\text{Hue} = \frac{\arctg b^*}{a^*} \quad \text{رابطه ۱:}$$

$$BI = \frac{[100(x-0.31)]}{0.17} \quad \text{رابطه ۲:}$$

$$x = \frac{a^*+1.75L^*}{5.645L^*+a^*-3.012b^*} \quad \text{رابطه ۳:}$$

حسسی نمونه‌های شربت خاکشیر از تعداد ۱۰ ارزیاب آموزش دیده، در محدوده سنی ۲۳ تا ۳۱ سال خواسته شد، نمونه‌های شربت خاکشیر را از لحاظ پارامترهای (رنگ، بو، طعم، قوام، حس دهانی و پذیرش کلی) در چهارچوب آزمون هدونیک ۱۱ نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار دهند.

آماده‌سازی پلی‌ساکاریدها: محلول‌های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد وزنی / حجمی از صمغ زانتان و ۱، ۲ و ۳ درصد وزنی / حجمی از SSPS بعد از توزین توسط ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ (مدل GF-200، شرکت A&D، توکیو، ژاپن) در آب مقطر با دمای ۶۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد به آرامی و توسط هم زدن (هات پلیت، Velp Scientifica، میلان، ایتالیا) حل شدند. پس از انحلال و سرد شدن، محلول هیدروکلئیدها به مدت ۲۴ ساعت در یخچال به منظور تشکیل سیستم هیدروکلئیدی نگهداری شدند. البته لازم به ذکر است که میزان آب مورد نیاز به منظور انحلال پلی‌ساکاریدها با توجه به بریکس شیره انگور تنظیم گردید.

پایدارسازی شربت خاکشیر: پس از خروج محلول‌های هیدروکلئیدی پس از گذشت ۲۴ از یخچال با توجه به نتایج مرحله نخست مقادیر ثابت ۵ درصد دانه خاکشیر، ۶ درصد شکر و ۴ درصد شیره انگور به درون ظروف محتوی غلظت‌های مختلف صمغ زانتان (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد) و SSPS (۱، ۲ و ۳ درصد) و نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه بر روی هات پلیت بدون اعمال حرارت هم زده شدند تا کاملاً آماده شوند. پس از تهیه نمونه‌ها به منظور انجام فرآیند پاستوریزاسیون، نمونه‌های شربت خاکشیر در بشرهای شیشه‌ای یک لیتری پوشانده شده با فویل آلومینیومی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه در بن ماری پاستوریزه شدند، سپس نمونه‌ها بلافاصله توسط مخلوط آب و یخ سرد شدند. نمونه‌ها تا هنگام انجام

$$\Delta E = \sqrt{(L0 - L*)^2 + (a0 - a*)^2 + (b0 - b*)^2}$$

ویژگی‌های رئولوژیکی: رفتار رئولوژیکی شربت‌های خاکشیر تهیه شده با استفاده از دستگاه ویسکومتر Ultra DV3 LV, Brookfield Engineering,) (USA اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی گرانیروی به صورت تابعی از سرعت برشی و تعیین نوع رفتار جریان نمونه‌های شربت خاکشیر از روش افزایش و کاهش شیب‌دار سرعت برشی استفاده شد. بدین صورت که در مدت ۱۰ دقیقه، سرعت برشی از 0.1 s^{-1} تا 250 s^{-1} افزایش و طی ۱۰ دقیقه بعدی از 250 s^{-1} به 0.1 s^{-1} کاهش یافت (۵).

ارزیابی حسی: برخی ویژگی‌های حسی نمونه‌های شربت خاکشیر شامل رنگ، طعم، بو، قوام، حس دهانی و پذیرش کلی در چهارچوب آزمون هدونیک ۱۱ نقطه‌ای توسط ده نفر ارزیاب (زن و مرد) در محدوده سنی ۲۳ تا ۳۱ سال ارزیابی شد (۱۷).

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین داده با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام گرفت. رسم نمودارها با نرم افزار Excel 2013 انجام گرفت. کلیه آزمایشات در ۳ تکرار انجام شد. جهت آنالیز آماری از نرم افزار SPSS (نسخه ۲۳) استفاده شد.

نتایج و بحث

تعیین فرمول مطلوب شربت خاکشیر فراسودمند: در بررسی حاضر برای تهیه شربت خاکشیر فراسودمند

(حاوی شیره انگور) نخست تاثیر متغیر شیره انگور در ۶ سطح با سطوح جایگزینی ۵۰-۰ درصد به عنوان جایگزین شکر مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به جدول ۱ می‌توان بیان نمود که بین نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی شیره انگور از لحاظ پارامترهای بو، طعم، قوام، حس دهانی و پذیرش کلی اختلاف معنی‌داری نبود ($P < 0.05$) و فقط از لحاظ پارامتر رنگ بین نمونه شاهد و نمونه حاوی ۵ درصد شیره انگور اختلاف معنی‌داری وجود داشت و به طور کلی می‌توان گفت که شربت‌های خاکشیر تولید شده با درصدهای مختلف شیره انگور به استثنای نمونه حاوی ۵ درصد شیره انگور می‌توانند از نظر پذیرش حسی مصرف‌کننده در یک سطح قرار بگیرند. بنابراین می‌توان شکر موجود در شربت خاکشیر را تا سطح جایگزینی حداکثر ۴۰ درصد با شیره انگور جایگزین نمود. لذا نسبت ترکیبات در شربت خاکشیر فراسودمند شامل: ۵ درصد خاکشیر، ۶ درصد شکر و ۴ درصد شیره انگور انتخاب شد. فرجی کفشگری و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی نشان دادند که استفاده از شیره انگور در سطح جایگزینی ۵۰ درصد مناسب ترین سطح جهت جایگزینی شیره انگور با شکر در فرمولاسیون بستنی وانیلی می‌باشد. طباطبایی یزدی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی نشان دادند که استفاده از شیره انگور در سطح جایگزینی ۱۸ درصد بیشترین پذیرش کلی را در نمونه‌های بستنی داشت. آلیاسلان و هایتا (۲۰۰۲) در پژوهشی نشان دادند که استفاده از ۶ درصد شیره انگور به عنوان بهترین سطح در مخلوط شیره انگور با خمیر کنجد می‌باشد.

جدول ۱: میانگین امتیاز ارزیابی حسی فرمولاسیون‌های مختلف شربت خاکشیر

Table 1. The mean scores in sensory evaluations for different formulations of flaxseed drink

پذیرش کلی Overall acceptance	حس دهانی Mouth feel	قوام Fluidity	طعم Flavor	بو Odor	رنگ Color	فرمولاسیون شربت خاکشیر Formulation of flaxseed drink
7.68 ± 1.38 ^a	7.81 ± 1.64 ^a	7.93 ± 1.61 ^a	7.12 ± 2.21 ^a	7.87 ± 1.52 ^{ab}	8.12 ± 1.55 ^{abc}	۱۰٪ شکر 10 % S*
8.00 ± 1.22 ^a	7.75 ± 1.30 ^a	7.43 ± 1.11 ^a	7.87 ± 0.64 ^a	8.68 ± 1.22 ^a	9.00 ± 1.51 ^a	۹٪ شکر، ۱٪ شیره 9 % S, 1 % GS
8.68 ± 1.03 ^a	8.18 ± 0.84 ^a	8.00 ± 1.16 ^a	7.93 ± 1.74 ^a	8.71 ± 1.11 ^a	8.75 ± 0.88 ^{ab}	۸٪ شکر، ۲٪ شیره 8 % S, 2 % GS
8.59 ± 1.26 ^a	8.25 ± 1.28 ^a	8.37 ± 1.27 ^a	8.25 ± 1.46 ^a	8.37 ± 2.04 ^{ab}	7.43 ± 1.29 ^{bcd}	۷٪ شکر، ۳٪ شیره 7 % S, 3 % GS
8.18 ± 1.68 ^a	7.81 ± 1.25 ^a	8.06 ± 1.08 ^a	8.25 ± 1.46 ^a	8.25 ± 1.58 ^{ab}	7.12 ± 1.45 ^{cd}	۶٪ شکر، ۴٪ شیره 6 % S, 4 % GS
7.46 ± 1.74 ^a	7.93 ± 1.47 ^a	8.25 ± 1.58 ^a	7.81 ± 1.77 ^a	6.84 ± 1.83 ^b	6.31 ± 1.48 ^d	۵٪ شکر، ۵٪ شیره 5 % S, 5 % GS

اعداد هر ستون با حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ($P < 0.05$) است

Values with different letters within each column are significantly different ($p < 0.05$)

* S: Sugar, GS: Grape Syrup

پلی‌ساکارید میزان pH در نمونه‌ها افزایش یافت که این تفاوت با توجه به فرمولاسیون مشترک نمونه‌ها احتمالاً به ماهیت و مقدار هیدروکلوئیدها بر می‌گردد، اگرچه این تغییرات از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P < 0.05$).

تغییرات رنگی: با توجه به نتایج آنالیز آماری نمونه‌های شربت خاکشیر قبل از فرایند پاستوریزاسیون که در جدول ۳ نشان داده شده است، در مورد شاخص شفافیت - تیرگی (L_0) شربت‌ها، نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری با نمونه حاوی ۰/۲ درصد صمغ زانتان داشت ولی با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری نداشت ($P < 0.05$). در مورد شاخص قرمزی - سبزی (a_0) نیز اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی پلی‌ساکاریدها مشاهده نشد ($P < 0.05$). با افزایش غلظت صمغ زانتان از میزان قرمزی نمونه‌ها کاسته شد در حالیکه با افزایش غلظت SSPS میزان قرمزی نمونه‌ها افزایش یافت. در مورد شاخص زرد - آبی (b_0) نیز نمونه شاهد فقط با نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ زانتان دارای اختلاف معنی‌داری بود ($P < 0.05$). در مورد

بررسی اثر هیدروکلوئید محلول سویا و صمغ زانتان بر کیفیت نوشیدنی خاکشیر با فرمول ترکیبی شیرین کننده انگور و سوکروز ۶۰:۴۰.

تغییرات بریکس: نتایج آزمون بریکس نمونه‌های شربت خاکشیر که در جدول ۲ نشان داده شده است حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی صمغ زانتان و SSPS است ($P < 0.05$). با افزایش غلظت صمغ زانتان و SSPS میزان بریکس در نمونه‌ها افزایش یافت که این تفاوت با توجه به فرمولاسیون مشترک نمونه‌ها احتمالاً به ماهیت و مقدار هیدروکلوئیدها بر می‌گردد اگرچه اختلاف معنی‌داری از نظر آماری نداشتند ($P < 0.05$).

تغییرات pH: نتایج آزمون pH نمونه‌های شربت خاکشیر که در جدول ۲ نشان داده شده است حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی صمغ زانتان و SSPS دارد ($P < 0.05$). pH نمونه شاهد (۵/۳۶) نسبت به pH نمونه‌های حاوی صمغ زانتان و SSPS پایین‌تر بوده و به استثنای نمونه شربت خاکشیر حاوی ۰/۲ درصد صمغ زانتان سایر نمونه‌ها با افزایش غلظت

غلظت‌های مختلف SSPS بود اما نمونه‌های حاوی SSPS با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند. در مورد شاخص قهوه‌ای شدن (BI)، نیز نمونه شاهد فقط با نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ زانتان دارای اختلاف معنی‌دار بود ($P < 0.05$).

شاخص کاراملی شدن (Hue)، نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۲ درصد صمغ زانتان اختلاف معنی‌داری را نشان نداد در حالیکه با نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ زانتان اختلاف معنی‌داری داشت ($P < 0.05$). همچنین نمونه شاهد دارای اختلاف معنی‌داری با تمام نمونه‌های حاوی

جدول ۲: میانگین بریکس و pH نمونه‌های شربت خاکشیر فراسودمند

Table 2. The mean values for brix and pH of functional flixweed drink samples

pH	Brix	فرمولاسیون شربت خاکشیر Formulation of flixweed drink
5.36 ± 0.00 ^a	9.00 ± 0.00 ^a	۶٪ شکر، ۴٪ شیره 6 % S, 4 % GS
5.52 ± 0.00 ^a	9.20 ± 0.00 ^a	۰/۱٪ زانتان 0.1 % X
5.58 ± 0.00 ^a	9.50 ± 0.00 ^a	۰/۲٪ زانتان 0.2 % X
5.57 ± 0.00 ^a	9.60 ± 0.00 ^a	۰/۳٪ زانتان 0.3 % X
5.56 ± 0.00 ^a	10.00 ± 0.00 ^a	۱٪ SSPS 1 % SSPS
5.58 ± 0.00 ^a	11.20 ± 0.00 ^a	۲٪ SSPS 2 % SSPS
5.59 ± 0.00 ^a	12.80 ± 0.00 ^a	۳٪ SSPS 3 % SSPS

اعداد هر ستون با حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ($P < 0.05$) است.

Values with different letters within each column are significantly different ($p < 0.05$)

* S: Sugar, GS: Grape Syrup, SSPS: Soluble Soybean Polysaccharide, X: Xanthan gum

جدول ۳: تاثیر فرمولاسیون‌های مختلف شربت خاکشیر بر برخی شاخص‌های رنگی قبل از فرایند پاستوریزاسیون

Table 3. The effect of different flixweed syrup formulations on some color parameters before pasteurization

BI ₀	Hue ₀	b ₀	a ₀	L ₀	فرمولاسیون شربت خاکشیر Formulation of flixweed syrup
49.01 ± 1.47 ^{abc}	72.90 ± 0.40 ^a	10.82 ± 0.55 ^{ab}	3.33 ± 0.19 ^a	31.33 ± 0.80 ^a	۶٪ شکر، ۴٪ شیره 6 % S, 4 % GS
53.52 ± 1.55 ^{ab}	72.95 ± 0.42 ^a	11.46 ± 0.54 ^a	3.53 ± 0.25 ^a	30.90 ± 1.04 ^a	۰/۱٪ زانتان 0.1 % X
54.50 ± 3.54 ^a	73.31 ± 0.16 ^a	10.89 ± 0.47 ^{ab}	3.26 ± 0.12 ^a	28.90 ± 1.53 ^b	۰/۲٪ زانتان 0.2 % X
41.17 ± 0.59 ^d	70.18 ± 1.02 ^b	8.97 ± 0.19 ^c	3.23 ± 0.15 ^a	30.88 ± 0.20 ^a	۰/۳٪ زانتان 0.3 % X
47.44 ± 5.33 ^c	71.31 ± 0.52 ^b	10.02 ± 0.87 ^{bc}	3.39 ± 0.30 ^a	30.28 ± 0.73 ^{ab}	۱٪ SSPS 1 % SSPS
46.86 ± 1.22 ^c	70.91 ± 0.59 ^b	9.89 ± 0.38 ^{bc}	3.42 ± 0.24 ^a	30.34 ± 0.65 ^{ab}	۲٪ SSPS 2 % SSPS
48.23 ± 4.81 ^{bc}	71.39 ± 1.30 ^b	10.30 ± 1.02 ^{ab}	3.48 ± 0.59 ^a	30.75 ± 0.77 ^a	۳٪ SSPS 3 % SSPS

اعداد هر ستون با حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ($P < 0.05$) است.

Values with different letters within each column are significantly different ($p < 0.05$)

* S: Sugar, GS: Grape Syrup, SSPS: Soluble Soybean Polysaccharide, X: Xanthan gum

در برخی سامانه‌های غذایی استفاده کرده‌اند مطابقت داشت (۵، ۱۷، ۱۸). بهبهانی و عباسی (۲۰۱۴) مشاهده نمودند که اعمال حرارت پاستوریزاسیون در نمونه‌های شربت خاکشیر پایدار شده توسط صمغ‌های کتیرا و فارسی و همچنین بخش‌های محلول و نامحلول این دو صمغ و نمونه شاهد نسبت به شرایط قبل از پاستوریزاسیون باعث افزایش شاخص‌های قرمزی، قهوه‌ای شدن و کاراملی شدن شدند (۵). لقای و زمردی (۲۰۱۶) گزارش کردند که افزایش غلظت زانتان از ۰ تا ۰/۲ درصد بر پایداری نمونه‌های دوغ نسبت به نمونه شاهد باعث افزایش شاخص‌های قرمزی و زردی نمونه‌ها گردید (۱۸). خضری پورعرب و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که تیمار خلال‌های سیب زمینی با استفاده از پوشش SSPS پس از فرایند سرخ شدن منجر به افزایش شاخص‌های قرمزی و زردی محصولات شد (۱۷).

تاثیر نوع هیدروکلوئید بر ویسکوزیته: با توجه به شکل ۱ ویسکوزیته شربت خاکشیر در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد صمغ زانتان با افزایش سرعت برشی کاهش یافته است، که این کاهش ویسکوزیته در سرعت‌های برشی پایین به مراتب بسیار شدیدتر از سرعت‌های برشی بالا بود، هم چنین نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ زانتان نسبت به نمونه‌های حاوی ۰/۲ و ۰/۱ درصد با سرعت بیشتری ویسکوزیته آن با افزایش سرعت برشی کاهش یافت. بنابراین می‌توان گفت که شربت‌های خاکشیر حاوی غلظت‌های مختلف صمغ زانتان از نوع سیال غیر نیوتونی بوده و رفتار رقیق‌شونده با برش (سودوپلاستیک) از خود نشان می‌دهند که با نتایج باقری و مددلو (۲۰۱۴)، مهجوریان و همکاران (۲۰۱۷)، جنوسه و لوزانو (۲۰۰۱) و چیورو و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد.

با توجه به نتایج آنالیز آماری نمونه‌های شربت خاکشیر بعد از فرایند پاستوریزاسیون که در جدول ۴ نشان داده شده است، در مورد شاخص شفافیت-تیرگی (L^*) در شربت‌های پاستوریزه شده، L^* نمونه شربت خاکشیر شاهد بیشتر از سایر نمونه‌ها بود و فقط بین نمونه شاهد با نمونه حاوی ۲ درصد SSPS اختلاف معنی داری مشاهده نگردید در حالی که با بقیه نمونه‌ها اختلاف معنی داری وجود داشت ($P < 0/05$). در مورد شاخص قرمزی - سبزی (a^*) فقط بین نمونه شاهد با نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ زانتان اختلاف معنی دار مشاهده شد ($P < 0/05$). نتایج نشان داد که شاخص زرد - آبی (b^*) نمونه شاهد بیشتر از سایر نمونه‌ها بود و فقط نمونه حاوی ۰/۲ درصد زانتان دارای شاخص b^* بالاتری نسبت به نمونه شاهد بود. شاخص کاراملی شدن (Hue^*)، حاکی از وجود اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی SSPS و عدم وجود اختلاف معنی‌دار با نمونه‌های حاوی صمغ زانتان بود ($P < 0/05$). همچنین نتایج نشان داد که در پارامتر قهوه‌ای شدن (BI^*)، اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی ۰/۲ و ۰/۳ درصد صمغ زانتان وجود داشت در صورتی که نمونه‌های حاوی غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۳ درصد از SSPS اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند ($P < 0/05$). همانطور که مشاهده می‌شود شاخص (ΔE) نمونه شاهد فقط با نمونه حاوی ۰/۲ درصد صمغ زانتان دارای اختلاف معنی‌داری بود ولی با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری نداشتند ($P < 0/05$). به‌طور مقایسه‌ای می‌توان گفت که اعمال حرارت باعث افزایش شاخص‌های روشنایی، قرمزی، زردی، کاراملی شدن و قهوه‌ای شدن نمونه‌ها نسبت به حالت قبل از حرارت شده است. افزایش شاخص‌های قرمزی و زردی نمونه‌ها در اثر اعمال حرارت با نتایج برخی محققین که از هیدروکلوئیدها

جدول ۴: تاثیر فرمولاسیون شربت خاکشیر بر برخی شاخص‌های رنگی بعد از فرایند پاستوریزاسیون

Table 4. The effect of different flaxweed drink formulations on some color parameters after pasteurization

ΔE	BI*	Huc*	b*	a*	L*	فرمولاسیون شربت خاکشیر Formulation of flaxweed syrup
3.08 ± 1.13 ^b	57.84±1.48 ^b	73.68± 0.98 ^a	13.18±0.29 ^b	3.85±0.16 ^{ab}	33.17±0.29 ^a	۶٪ شکر، ۴٪ شیره 6 % S, 4 % GS
2.38 ± 0.80 ^b	58.03±11.68 ^b	73.79± 0.49 ^a	12.64± 1.48 ^{bc}	3.67± 0.43 ^b	30.97±1.20 ^c	۰/۱٪ زانتان 0.1 % X
5.70 ± 1.00 ^a	77.44± 9.34 ^a	74.01± 0.41 ^a	15.38± 0.84 ^a	4.41± 0.36 ^a	30.84±0.91 ^c	۰/۲٪ زانتان 0.2 % X
1.31 ± 0.73 ^b	44.70± 2.69 ^c	73.15±0.60 ^{ab}	10.08± 0.56 ^c	3.05± 0.18 ^c	31.51±0.41 ^{bc}	۰/۳٪ زانتان 0.3 % X
1.93 ± 0.97 ^b	47.24±3.82 ^{bc}	72.12±1.09 ^{bc}	10.56± 0.77 ^{de}	3.42±0.48 ^{bc}	31.77±0.46 ^{bc}	SSPS ٪ ۱ 1 % SSPS
2.85 ± 1.44 ^b	52.93±3.05 ^{bc}	71.95±0.68 ^{bc}	11.82± 0.74 ^{bcd}	3.84±0.19 ^{ab}	32.37±0.47 ^{ab}	SSPS ٪ ۲ 2 % SSPS
1.73 ± 1.43 ^b	52.54±1.79 ^{bc}	71.35± 0.40 ^c	11.48± 0.16 ^{cdc}	3.87±0.14 ^{ab}	31.91±0.36 ^{bc}	SSPS ٪ ۳ 3 % SSPS

اعداد هر ستون با حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد ($P < 0.05$) است.

Values with different letters within each column are significantly different ($p < 0.05$)

* S: Sugar, GS: Grape Syrup, SSPS: Soluble Soybean Polysaccharide, X: Xanthan gum

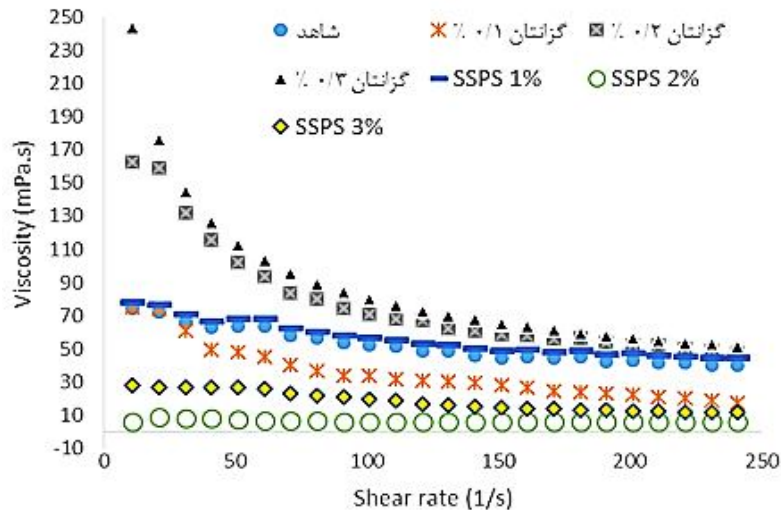
سیال نیوتونی را از خود نشان می‌دهد. از این رو احتمالاً دلیل اصلی عدم پایداری دانه‌های خاکشیر در محلول‌های حاوی SSPS کم بودن گرانیروی و عدم تشکیل شبکه ژلی می‌باشد.

تاثیر افزودن صمغ زانتان و SSPS بر میزان دوفاز شدن نمونه‌های شربت خاکشیر: تاثیر صمغ زانتان در غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد بر میزان دو فاز شدن نمونه‌های شربت خاکشیر در طول سی روز نگه‌داری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در جدول ۵ نشان داده شده است. حد جدایی فاز در نمونه شاهد ۶۷/۹۳ درصد و در نمونه‌های حاوی ۰/۱ و ۰/۲ درصد صمغ زانتان به ترتیب ۳۱/۲۴، ۶۴/۷۲ درصد بوده است، در حالیکه نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ زانتان هیچ گونه دو فاز شدن را در طول سی روز نگه‌داری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد از خود نشان نداد. اختلاف معنی‌داری در درصد جدای فازها در نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی ۰/۲ و ۰/۳ درصد صمغ زانتان مشاهده شده است ($P < 0.05$). همان طور که مشاهده می‌شود افزایش غلظت صمغ زانتان تغییر

به‌طور کلی با افزایش غلظت صمغ زانتان ویسکوزیته نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت و نمونه شاهد رفتار سیال نیوتونی را از خود نشان داد. در مورد SSPS نیز تاثیر غلظت بر ویسکوزیته معنی‌دار بوده است به طوری که غلظت ۱ درصد از SSPS رفتاری کاملاً مشابه نمونه شاهد از خود نشان داد در حالی که در غلظت ۲ درصد از SSPS ویسکوزیته نسبت به غلظت ۱ درصد آن و نمونه شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت. همین‌طور در غلظت ۳ درصد از SSPS نیز ویسکوزیته نسبت به غلظت ۱ درصد و نمونه شاهد کاهش یافته ولی از غلظت ۲ درصد بالاتر بود. به طور کلی می‌توان گفت که نمونه‌های شربت خاکشیر حاوی غلظت‌های ۱، ۲، ۳ درصد از SSPS رفتار جریانی مشابه نمونه شاهد را از خود نشان داده و همگی جزو سیالات نیوتونی محسوب می‌شوند. از ویژگی‌های SSPS می‌توان به ویسکوزیته نسبتاً پایین آن در مقایسه با سایر هیدروکلوئیدها اشاره کرد (۱۳). فوراتا و مائدا (۱۹۹۹) در پژوهشی نشان دادند که محلول‌های آبی SSPS در غلظت ۱۰ درصد رفتار

صمغ میزان دوفاز شدن نمونه‌ها کاهش یافت
($P < 0/05$).

معنی‌داری را روی دوفاز شدن نمونه‌های شربت
خاکشیر نشان داد، به نحوی که با افزایش غلظت



شکل ۱: نمودار ویسکوزیته - سرعت برشی نمونه‌های شربت خاکشیر

Figure 1. Viscosity-shear rate curve of flaxseed drink samples

تاثیر SSPS در غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ درصد بر میزان دو فاز شدن نمونه‌های شربت خاکشیر در طول سی روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در جدول ۵ نشان داده شده است. حد جدایی فاز در نمونه شاهد ۶۷/۹۳ درصد و نمونه‌های حاوی ۱، ۲ و ۳ درصد SSPS به ترتیب ۶۸/۳، ۶۹/۸۲ و ۶۹/۵۱ درصد بود. بین نمونه شاهد با نمونه‌های حاوی ۱، ۲ و ۳ درصد SSPS اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P < 0/05$). بنابراین نتایج نشان می‌دهد که SSPS در هیچ کدام از غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ درصد قادر به پایدارسازی نمونه‌های شربت خاکشیر نیست و به طور کلی SSPS تاثیر مثبتی بر پایداری نمونه‌های شربت خاکشیر در طی دوره نگهداری ندارد که این امر احتمالاً ناشی از ویسکوزیته پایین این صمغ می‌باشد. آذری کیا و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که پلی ساکارید سویای نوع M متوکسیل زدایی شده در غلظت ۰/۶ و ۰/۷ درصد می‌تواند به مدت ۶ روز از دوفاز شدن نمونه‌های دوغ جلوگیری کند.

این امر احتمالاً به دلیل وزن مولکولی بالا و توانایی تشکیل پیوندهای هیدروژنی فراوان این صمغ با مولکول‌های آب است که باعث کاهش حرکت آب و در نتیجه افزایش ویسکوزیته نمونه می‌شود (۱). لقایی و زمردی (۲۰۱۶) در پژوهشی نشان دادند که استفاده از ۰/۲ درصد صمغ زانتان میزان دوفاز شدن نمونه‌های حاوی دوغ را به میزان ۸۵/۱۱ درصد کاهش داد. جنوسه و لوزانو (۲۰۰۱) مشاهده کردند که استفاده از زانتان در غلظت‌های ۰/۴-۰/۵ درصد کاملاً از شفاف شدن آب سیب جلوگیری کرد. آکاراچانیاکورن و تینرات (۲۰۱۵) در پژوهشی نشان دادند که استفاده از غلظت ۰/۵ درصد صمغ زانتان باعث حفظ پایداری حالت ابری آب شاه‌توت در طول دوره نگهداری می‌شود. روشن‌ضمیر و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که نمونه‌های حاوی ۰/۳ و ۰/۵ درصد صمغ زانتان، موفق به حفظ پایداری حالت ابری آب هویج به مدت ۶۰ روز شدند.

جدول ۵: تاثیر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان و پلی ساکارید محلول در آب سویا بر دوفاز شدن شربت خاکشیر پس از ۳۰ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد.

Table 5. Effect of different concentrations of xanthan gum and SSPS on phase separation in flixweed drink after 30 days of storage at 4°C.

درصد دوفاز شدن Phase separation (%)	فرمولاسیون شربت خاکشیر flixweed drink formulation
67.93 ± 2.29 ^{ab}	۶٪ شکر، ۴٪ شیر 6 % S, 4 % GS
64.72 ± 2.22 ^b	۰/۱٪ زانتان 0.1 % X
31.24 ± 0.45 ^c	۰/۲٪ زانتان 0.2 % X
0.00 ± 0.00 ^d	۰/۳٪ زانتان 0.3 % X
69.82 ± 2.46 ^a	۱٪ SSPS 1 % SSPS
68.30 ± 0.24 ^{ab}	۲٪ SSPS 2 % SSPS
69.51 ± 0.53 ^a	۳٪ SSPS 3 % SSPS

اعداد هر ستون با حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد (P < 0.05) است

Values with different letters within each column are significantly different (p<0.05)

* S: Sugar, GS: Grape Syrup, SSPS: Soluble Soybean Polysaccharide, X: Xanthan gum

جدول ۶: تاثیر هیدروکلوئیدها بر ویژگی‌های حسی نمونه‌های شربت خاکشیر

Table 6. Effect of hydrocolloids on sensory properties of flixweed drink samples

پذیرش کلی Overall acceptance	حس دهانی Mouth feel	قوام Fluidity	طعم Flavor	بو Odor	رنگ Colour	فرمولاسیون شربت خاکشیر flixweed drink Formulation
8.50 ± 1.60 ^a	8.36 ± 1.68 ^a	8.25 ± 1.55 ^a	7.68 ± 1.28 ^a	8.37 ± 1.52 ^a	8.16 ± 1.90 ^{ab}	۶٪ شکر، ۴٪ شیر 6 % S, 4 % GS*
9.16 ± 0.76 ^a	8.81 ± 0.84 ^a	9.08 ± 0.60 ^a	8.95 ± 1.05 ^a	8.51 ± 1.59 ^a	9.30 ± 0.70 ^{ab}	۰/۱٪ زانتان 0/1 % X
8.76 ± 0.99 ^a	8.37 ± 1.40 ^a	8.33 ± 1.64 ^a	8.27 ± 1.22 ^a	8.70 ± 1.20 ^a	9.22 ± 1.01 ^{ab}	۰/۲٪ زانتان 0/2 % X
8.52 ± 1.28 ^a	8.18 ± 1.48 ^a	8.68 ± 1.33 ^a	8.11 ± 1.22 ^a	8.48 ± 1.57 ^a	9.46 ± 0.71 ^a	۰/۳٪ زانتان 0/3 % X
8.42 ± 1.10 ^a	7.80 ± 1.84 ^a	8.56 ± 1.39 ^a	7.98 ± 1.82 ^a	8.30 ± 1.52 ^a	7.80 ± 1.89 ^b	۱٪ SSPS 1 % SSPS
8.06 ± 1.86 ^a	8.11 ± 1.63 ^a	8.75 ± 1.03 ^a	7.53 ± 2.10 ^a	8.75 ± 1.03 ^a	8.12 ± 1.38 ^{ab}	۲٪ SSPS 2 % SSPS
8.17 ± 1.86 ^a	8.20 ± 1.93 ^a	8.65 ± 1.07 ^a	7.75 ± 2.10 ^a	9.07 ± 0.78 ^a	7.90 ± 1.41 ^b	۳٪ SSPS 3 % SSPS

اعداد هر ستون با حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد (P < ۰/۰۵) است

Values with different letters within each column are significantly different (p<0.05)

* S: Sugar, GS: Grape Syrup, SSPS: Soluble Soybean Polysaccharide, X: Xanthan gum

شده است، نشان می‌دهد که میانگین امتیازات نمونه‌های حاوی صمغ زانتان و SSPS اختلاف

ارزیابی حسی: نتایج آنالیز آماری ویژگی‌های حسی نمونه‌های شربت خاکشیر که در جدول ۶ نشان داده

معنی‌داری با نمونه شاهد در فاکتورهای بو، طعم، قوام، حس‌دهانی و پذیرش کلی نداشت و فقط از لحاظ رنگ بین نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0/05$). بطوری‌که ارزیاب‌ها بالاترین نمره را به نمونه حاوی ۰/۳ درصد زانتان و پایین‌ترین نمره را به نمونه حاوی ۱ درصد SSPS دادند. بهبهانی و عباسی (۲۰۱۴) گزارش کردند که نمونه‌های شربت خاکشیر حاوی صمغ‌های فارسی و کتیرا و همچنین بخش‌های محلول و نامحلول این دو صمغ تفاوت معنی‌داری در پارامترهای طعم، قوام، حس‌دهانی، رنگ و پذیرش کلی نسبت به نمونه شاهد نداشتند. روشن‌ضمیر و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی مشاهده کردند که استفاده از ۰/۳ درصد صمغ زانتان در آب هویج پاستوریزه شده باعث افزایش امتیاز عطر و طعم و احساس دهانی از نظر ارزیاب‌ها نسبت به نمونه شاهد شد اما از لحاظ پارامتر رنگ اختلاف معناداری با نمونه شاهد نداشت.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که حداکثر می‌توان ۴۰ درصد از شکر موجود در شربت خاکشیر را با شیره انگور به منظور تهیه یک شربت خاکشیر فراسودمند با پذیرش حسی مطلوب جایگزین نمود. در بررسی بهبود کیفیت فرمول شربت خاکشیر محتوی شیرانگور تحت تاثیر هیدروکلوئید زانتان و SSPS مقادیر شاخص‌های بریکس و pH اختلاف معنی‌داری را با نمونه شاهد نشان ندادند. اعمال حرارت پاستوریزاسیون در نمونه‌های شربت خاکشیر باعث افزایش شاخص‌های روشنایی، قرمزی، زردی، کاراملی شدن و قهوه‌ای شدن نمونه‌ها نسبت به حالت قبل از حرارت‌دهی شد. از لحاظ رفتار جریان‌ی نیز می‌توان گفت که نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی SSPS رفتار جریان‌ی از نوع نیوتونی را نشان دادند در

حالی که نمونه‌های حاوی صمغ زانتان دارای رفتار جریان‌ی از نوع غیرنیوتونی و رقیق شونده با برش داشتند. شربت‌های خاکشیر در حضور مقادیر ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد صمغ زانتان پایدار شدند. اما شربت‌های خاکشیر حاوی SSPS در هیچکدام از سطوح ۱، ۲ و ۳ درصد قادر به پایدارسازی شربت خاکشیر نبودند و در عین حال علاوه بر اینکه تاثیر مثبتی در پایدارسازی نمونه‌های شربت خاکشیر نداشتند حتی باعث دوفاز شدن بیشتر این نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد نیز شدند که امری کاملاً غیر معمول است. فقط نمونه‌های حاوی ۰/۲ و ۰/۳ درصد صمغ زانتان توانستند بعد از ۲۴ ساعت ته نشین نشوند که البته نمونه حاوی غلظت ۰/۳ درصد زانتان پایدارتری نسبت به غلظت ۰/۲ درصد از خود نشان داد و به مدت ۳۰ روز دوفاز نشد. از لحاظ ویژگی‌های حسی ارزیاب‌ها اختلاف معنی‌داری را بین نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی پلی‌ساکاریدها در همه پارامترها به جز رنگ قائل نشدند. به‌طور کلی می‌توان صمغ زانتان در غلظت ۰/۳ درصد را به عنوان بهترین سطح برای پایدارکنندگی شربت خاکشیر فراسودمند حاوی ۴۰٪ شیره انگور جایگزین شده در نظر گرفت.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان جهت حمایت مالی این پایان‌نامه اعلام می‌دارند.

منابع

1. Akkarachaneeyakorn, S., and Tinrat, S. 2015. Effects of types and amounts of stabilizers on physical and sensory characteristics of cloudy ready-to-drink

11. Golalikhani, M., Khodaiyan, F., and Khosravi, A. 2014. Response surface optimization of mucilage aqueous extraction from flaxseed (*Descurainia sophia*) seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*. 70: 444-449.
12. Hatamikia, M., Sani, A.M., and Zomorodi, SH. 2013. Effect of different clarifying agents on the physico-chemical and microbial properties of grape juice concentrate. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 5(1): 35-45. (In Persian)
13. Hojjati, M., Razavi, S.H., Rezaei, K., and Gilani, K. 2011. Spray drying microencapsulation of natural canthaxanthin using soluble soybean polysaccharide as a carrier. *Food Science and Biotechnology*. 20: 63-69.
14. Imeson, A.P. 1997. Thickening and gelling agents for food. Springer Science and Business Media.
15. Karababa, E., and Develi Isikli, N. 2005. Pekmez: A traditional concentrated fruit product. *Food Reviews International*. 21: 357-366.
16. Khan, M., and Wang, N. 2012. *Descurainia sophia* (L.): a weed with multiple medicinal uses. *Punjab University Journal of Zoology*. 27: 45-51.
17. Khezripurab, M., Hojjati, M., and Samavati, V. 2016. Effect of gum arabic and soybean soluble polysaccharide as coating agents on oil uptake and texture of French fries using Response Surface Methodology. *Journal of Food Research*. 25(4): 623-638. (In Persian)
18. Laghaei, L. and Zomorodi, SH. 2016. The effect of some gums on stability and qualitative properties of doogh produced by the fluid gel technology using Response Surface Methodology (RSM). *Journal of Food Research*, 26 (1): 23-35. (In Persian)
19. Mahjoorian, A., Mortazavi, S.A., Mokhtarian, M., and Jafari savare, S. 2017. Investigation of the effects of adding hydrochlorides (Guar and Xanthan) on rheological behavior of low mulberry fruit juice. *Food Science and Nutrition*. 3: 213-220.
2. Alpaslan, M., and Hayta, M. 2002. Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses) tahin (sesame paste) blends. *Journal of Food Engineering*. 54: 89-93.
3. Azarikia, F., Abbasi, S., and Azizi, M.H. 2009. Investigation of the efficiency and mechanisms of some hydrocolloids on the stabilization of Doogh. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*. 4:1. 11-22. (In Persian)
4. Bagheri, L., and Madadlou, A. 2014. Rheological properties and stability of mint-enriched doogh produced by the fluid gel technology using denatured whey protein-xanthan. *Journal of Food Research*. 23:4. 553-565. (In Persian)
5. Behbahani, M. and Abbasi, S. 2014. Stabilization of Flaxseed (*Descurainia sophia* L.) syrup using native hydrocolloids. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*. 9(1): 31-38. (In Persian)
6. Chivero, P., Gohtani, S., Yoshii, H., and Nakamura, A. 2015. Effect of xanthan and guar gums on the formation and stability of soy soluble polysaccharide oil-in-water emulsions. *Food Research International*. 70: 7-14.
7. Faraji kafshgari, S., Fallah shojaei, M., and Akbarian meymand, M. J. 2014. Effect of Replacing the sugar with the grape juice concentrate on the physico-chemical and sensory properties of vanilla ice cream. *Journal of Innovation Food Technology*. 2:6. 85-93. (In Persian)
8. Furuta, H., and Maeda, H. 1999. Rheological properties of water-soluble soybean polysaccharides extracted under weak acidic condition. *Food Hydrocolloids*. 13: 267-274.
9. Garcia-Ochoa, F., Santos, V.E., Casas, J.A., and Gomez, E. 2000. Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*. 18: 549-579.
10. Genovese, D.B., and Lozano, J.E. 2001. The effect of hydrocolloids on the stability and viscosity of cloudy apple juices. *Food Hydrocolloids*. 15: 1-7.

- and Technology. 8(29): 113-120.(In Persian)
23. Tabatabaei Yazdi, F., Alghooneh, A., Khodaei, D., and Alizadeh Behbahani, B. 2016. Modeling of flow behavior and rheological properties and formulation optimization of ice cream using RSM. Journal of Food Science and Technology, 13(55): 33-51.(In Persian)
24. Wang, Q., Huang, X., Nakamura, A., Burchard, W., and Hallett, F.R. 2005. Molecular characterization of soybean polysaccharides: an approach by size exclusion chromatography, dynamic and static light scattering methods. Carbohydrate Research. 340: 2637-2644.
- fat doogh. Journal of Food Science and Technology. 13:60. 93-104.(In Persian)
20. Phillips, G.O., and Williams, P.A. (Eds.). 2009. Handbook of hydrocolloids. Elsevier.
21. Roshanzamir Mashhadi, M., Rajaei, P. and Ahmadi Chenarbon, H. 2017. Effect of Pectin, Xanthan, Guar and Carboxy Methyl Cellulose on the Cloudiness Stability of Pasteurized Carrot Juice. Journal of Food Science and Technology. 66:14. 75-84.(In Persian)
22. Shoorideh, M., Taslimi, A., Azizi, M.H., and Mohammadifar, M.A. 2011. Study of effects of D-tagatose and inulin as sugar substitutes on the physical, chemical and rheological properties of milk chocolate. Journal of Food Science

Effect of Xanthan Gum and Soluble Soybean Polysaccharide on the Characteristics of Functional Flixweed (*Descurainia Sophi* L.) Syrup

S. Jafari¹, M. Hojjati^{2*}, H. Jooyandeh², M. Noshad³, H. Barzegar³

¹M.Sc., Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran

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

³Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran

Received: 2017/05/01; Accepted: 2017/07/03

Abstract

Background and objectives: Flixweed (*Descurainia sophia* L.) is an annual plant that is found in various parts of the world including Iran. Flixweed seed and its prepared drink (Sharbate-khakshir) have been traditionally prescribed as a remedy for diarrhea, heatstroke, palpitation, upset stomach, impotence, intestinal inflammation, constipation, skin eruptions, laxative, and antipyretic since the ancient times. Despite the unique medicinal and nutritional advantages, Flixweed drink production is faced with two major technological problems; first, it is not suitable for diabetics because of the high amounts of sugar in the drink formulation. On the other hand, sedimentation of flixweed seed in the prepared drink is the other common problem that restricts its commercial production. The aims of this study were investigating the possibility of replacing sugar with grape syrup as a natural sweetener to producing functional drink and the possibility of stabilizing the flixweed drink using soluble soybean polysaccharide and xanthan gum as natural hydrocolloids.

Materials and methods: The first step for producing the functional flixweed drink was to examine replacing sugar with grape syrup in various ratios (0:100, 10:90, 80:20, 70:30, 60:40, and 50:50). Then, in order to stabilize the flixweed drink, the effect of various concentrations of xanthan gum (0.1, 0.2, and 0.3 % w/v) and soluble soybean polysaccharide (1, 2, and 3 % w/v) was studied. For pasteurization, samples were heated in 80 °C for 1 min, and then cooled to 7 °C. Then, different properties of the prepared (Brix, pH, phase separation, colour, rheological and organoleptic properties) were analyzed and compared to each other. Brix and pH were calculated using refractometer and pH meter, respectively. Stability of samples was investigated according to phase separation after 30 days of storage in the refrigerator. Color characteristics including lightness (L^*), Redness (a^*), yellowness (b^*), browning index (BI), and caramelization (Hue) were evaluated by means of Konica Minolta CR-400 apparatus. Rheological properties of the prepared were measured by Ultra DV3- LV Rheometer. Organoleptic features of samples such as color, flavor, odor, fluidity, mouth feel, and overall acceptability were evaluated by 10 trained panelists. The experiments were conducted in a completely randomized design and mean values were compared using Duncan method at $P < 0.05$.

Results: According to the results, the optimum ratio of grape syrup to sugar was 40:60 in flixweed drink. The best formulation for flixweed drink was composed of 5% seed, 6% sugar, and 4% grape syrup. The Results revealed that the addition of xanthan gum and soluble soybean

* Corresponding author: hojjati@ramin.ac.ir

polysaccharide had no significant effect on pH and Brix. In addition, soluble soybean polysaccharide showed no effect on the stability of prepared drink, while xanthan increased the stability. The use of xanthan gum at 0.3% concentration completely prevented the phase separation after 30 days of storage. The most appropriate model for both the control and samples containing soluble soybean polysaccharide was Newtonian model, while a pseudoplastic model was found to be suitable for drink containing xanthan gum. According to the results of colorimetric tests, lightness, redness, yellowness, caramelization and browning indices increased after pasteurization. The sensory characteristics of stabilized drinks were found to be very similar to those of blank samples.

Conclusion: In overall, it could be concluded that grape syrup and xanthan gum can be used for manufacturing the functional and stabilized Flixweed drink with good organoleptic attributes.

Keywords: flixweed, Grape syrup, Soluble soybean polysaccharide, Sugar substitute, Xanthan