

تولید شکلات صباحانه رژیمی با استفاده از جایگزین‌های چربی مالتودکسترن و صمغ گوار- زانتان و جایگزینی کامل شیر خشک با کنجاله کنجد و بادام شیرین

مریم سلطانی^۱، محمد گلی^۲، مهشید جهادی^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوارسگان)، اصفهان، ایران

۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی و مرکز تحقیقات لیزر و بیوفوتونیک در فناوری‌های زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوارسگان)، اصفهان، ایران. پست الکترونیکی: m.goli@khusif.ac.ir

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوارسگان)، اصفهان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۱۰

چکیده

سابقه و هدف: شکلات صباحانه چربی و کالری بالایی دارد، از این‌رو مصرف آن برای افراد مبتلا به چاقی و دیابت محدودیت دارد. با جایگزین کردن چربی و شیر خشک با ترکیبات بر پایه کربوهیدرات و پروتئین با قابلیت هضم پایین می‌توان ضمن کاهش کالری، این محصول را برای بیماران مبتلا به عدم تحمل لاکتوز نیز قابل مصرف نمود.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های شکلات صباحانه با کمک جایگزینی مالتودکسترن و صمغ گوار- زانتان با کره گیاهی در سطح ۰-۱۰۰ درصد و جایگزینی کنجاله‌های کنجد و بادام شیرین با شیر خشک در سطح ۰-۱۰۰ درصد تولید شدند، و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی، رئولوژی و میکروبی آن با نمونه شاهد (حاوی کره گیاهی و شیر خشک) در طول ۶۰ روز نگهداری توسط نرم افزار SPSS مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد جایگزینی مالتودکسترن و گوار- زانتان اثر معنی‌داری ($P < 0.05$)، روی کاهش میزان کالری و چربی شکلات صباحانه رژیمی درمانی داشت. جایگزینی کامل کنجاله‌های کنجد و بادام زمینی با شیر خشک باعث افزایش معنی‌دار ($P < 0.05$)، محتوی پروتئین محصول نهایی شد. تمامی نمونه‌های شکلات صباحانه رژیمی در روز تولید و ۶۰ روز پس از نگهداری مدول الاستیک (G') بالاتری نسبت به مدول ویسکوز (G") در محدوده دمایی اعمال شده داشتند، که با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه اثربخشی استفاده از جایگزین‌های چربی مانند مالتودکسترن و صمغ گوار- زانتان و کنجاله‌های کنجد و بادام شیرین به عنوان جایگزین شیر خشک در تولید شکلات صباحانه رژیمی درمانی با کیفیت مشابه به نمونه‌های تجاری را اثبات کرد.

واژگان کلیدی: شکلات صباحانه، کم کالری، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، سختی، رئولوژی

۴ مقدمه

عروقی و یا افراد چاق، حذف چربی، پروتئین و کربوهیدرات‌ها و جایگزین کردن آنها با ترکیبات طبیعی یا سنتزی کم کالری می‌باشد (۱).

شکلات صباحانه نوعی سیستم کلوئیدی است که در آن فاز مایع را کره کاکائو و فاز پراکنده را ذرات پودر کاکائو و شکر تشکیل می‌دهند. شکلات صباحانه یک محصول با محتوی کالری بالا می‌باشد که هضم و جذب سریعی در بدن داشته و با توجه به بافت منحصر به فرد، طعم و احساس دهانی مناسب و خوشایند یکی از محصولات پر مصرف در بین همه گروه‌های

در سال‌های اخیر به دلیل افزایش آگاهی‌های تغذیه‌ای و تغییر نگرش مردم در جوامع مختلف، غذاهایی که سلامتی را ارتقاء داده و خطر ابتلا به بیماری‌ها را کاهش دهنده، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. از طرفی با افزایش نگرانی‌های بشر نسبت به مصرف غذاهای پرکالری و ایجاد مشکلات چاقی و بیماری‌های قلبی، تولید و مصرف فرآورده‌های کم کالری توسعه یافته است. یکی از راهکارهای مورد تأیید جهت تولید محصولات غذایی سالم و مناسب برای گروه‌های خاص جامعه مانند بیماران دیابتی، مبتلایان به بیماری‌های عدم تحمل لاکتوز و قلبی-

که واحدهای منفرد D- گالاكتوپیرانوز (Galactopyranose) با پیوندهای $\alpha\rightarrow 6$ ، به صورت یکی در میان به واحدهای مانوز زنجیره اصلی چسبیده‌اند. این ترکیب در صمغ گوار دارای وزن مولکولی ۲۲۰۰۰ می‌باشد. محتوی گالاكتوز در صمغ گوار ۳۳-۴۰ درصد وزنی بوده و ساختار این گالاكتومانان با توجه به توزیع واحدهای گالاكتوز می‌تواند کاملاً نامنظمه باشد. زنجیره اصلی صمغ گوار از نظر ساختاری مشابه سلولز و صمغ دانه خربنوب است. صمغ گوار در مواد غذایی مختلف به عنوان بافت دهنده، قوام دهنده، پایدار کننده، دیسپرس کننده و ایجاد احساس دهانی مشابه با چربی به کار می‌رود.^(۴)

صمغ زانتان بیopolymerی با ساختار پیچیده است که توسط گروهی از باکتری‌های میکروبی و به ویژه از *Xanthomonas campestris* (Xanthomonas campestris) تولید می‌شود. ساختار صمغ زانتان همانند سلولز از واحدهای بتا-دی-گلوکز با اتصالات ۱ و ۴ تشکیل شده است. یک قند سه کربنی در زنجیره جانبی به کربن ۳ گلوکز دیگر متصل است. به طوریکه یک باقی مانده اسید گلوکورونیک (Glucuronic acid) با پیوند ۴ و ۱ به واحد مانوز انتهایی و با پیوند ۲ و ۱ به مانوز ثانوی که به ستون مهره‌ای متصل است، ارتباط دارد. تقریباً ۵۰٪ از باقی مانده‌های مانوز انتهایی با پیروات استری شده‌اند، در حالیکه باقی مانده غیر انتهایی مانوز، معمولاً شامل گروه استیل در کربن شماره ۶ می‌باشد. صمغ زانتان به واسطه افزایش ویسکوزیته فاز آبی و ایجاد خصوصیات بافتی مطلوب، و احساس دهانی مناسب و به تعویق اندختن خامه‌ای شدن قطرات روغن در امولسیون کاربرد گسترده‌ای در صنعت غذا به عنوان افزودنی غذایی، اصلاح کننده خواص وابسته به زمان در تغليظ مواد غذایی (انواع سس‌های سالاد)، پایدار کننده و جایگزین چربی دارد.^(۴)

عدم تحمل لاکتوز مشکل شایعی می‌باشد که در بعضی از جمیعت‌های شرق آسیا، تا ۹۰ درصد را شامل می‌شود. در میان ترکیبات شیر، قند شیر (لاکتوز) در طی مراحل هضم توسط آنزیم لاکتاز روده‌ای به دو قند ساده گلوکز و گالاكتوز شکسته شده و پس از آن از طریق جدار مخاطی روده جذب جریان خون می‌شود. در صورت فقدان و یا کاهش فعالیت این آنزیم لاکتوز به صورت دست نخورده وارد روده بزرگ می‌شود و تحت میکرووارگانیسم‌های روده‌ای تخمیر شده و در نهایت سبب بروز عوارض و علایم ناخوشایندی برای مصرف کننده بادام شیرین از این رو به نظر می‌رسد که بتوان از کنجاله کنجد و بادام شیرین که منبع غنی از پروتئین و فیبر هستند^(۶)، به عنوان جایگزین شیر خشک در فرمولات اسیدیون شکلات استفاده نمود. کنجاله‌ها به عنوان یکی از ضایعات کشت و صنعت قابل دسترس، فراوان و ارزان قیمت و غنی از پروتئین و ترکیبات زیست فعال هستند.

سنی است. به علاوه شکلات به عنوان یک خوراکی خوشمزه یکی از متابع مهم مواد فعال بیولوژیکی است که اثر آنتی اکسیدانی ویژه‌ای را در بدن انسان نشان داده و بر سلامت اعضای مختلف بدن به ویژه قلب و عروق تأثیر بسزایی دارد. ولی یکی از مشکلات عمده در زمینه‌ی استفاده از این ماده غذایی میزان بالای چربی و کالری آن است که اثرات سوئی بر سلامت مصرف کنندگان دارد. از دیدگاه تغذیه‌ای، پروتئین‌ها، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها عوامل اصلی تولید انرژی هستند. به همین دلیل اغلب برای کاهش کالری مواد غذایی، کاهش چربی و کربوهیدرات‌های مخصوصات غذایی مورد بررسی قرار می‌گیرد.^(۲) در این تحقیق از مالتودکسترن و صمغ گوار - زانتان به عنوان جایگزین چربی و از کنجاله‌های کنجد و بادام شیرین به عنوان جایگزین شیر خشک استفاده شد.

در طی سال‌های اخیر، استفاده از جایگزین‌های چربی مانند مالتودکسترن، اینولین، پکتین و انواع هیدروکلوفیل‌ها که با تقليید حالت چربی از نظر بافت و احساس دهانی، ویژگی‌های مشابه چربی را در محصول ایجاد می‌نماید و توسط سازمان بهداشت جهانی و غذا و کشاورزی به عنوان یک ترکیب ایمن (GRAS) شناخته شده‌اند، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. مالتودکسترن یکی از شناخته شده‌ترین جایگزین‌های چربی در دهه‌های اخیر بوده که از هیدرولیز نسبی آنزیمی یا شیمیایی نشاسته به دست می‌آید. مالتودکسترن پلیمر ساکاریدی غیر شیرین و مغذی با واحدهای D- گلوکز که با پیوندهای آلفا-۱ بهم متصل شده‌اند می‌باشد. مالتودکسترن حاوی آمیلوز خطی و آمیلوپکتین شاخه‌ای است، که بر اساس وزن مولکولی شامل الیگوساکاریدها تا پلی‌ساکاریدها می‌باشد و معادل دکستروز آن کمتر از ۲۰ است. ویژگی بارز در مورد مالتودکسترن جهت استفاده به عنوان جایگزین چربی، توانایی تشکیل ژل نرم، قابل پخش و قابل برگشت در اثر حرارت می‌باشد. این ویژگی با ذوب شوندگی در دهان که احساس دهانی چرب مانند به محصولات غذایی می‌دهد ارتباط دارد. مالتودکسترن اگر به صورت خالص استفاده شود، ۴Kcal/g ارزی در مقایسه با ۹ Kcal/g انرژی چربی تولید خواهد کرد. لذا علاوه بر ایجاد احساس دهانی چرب، باعث کاهش کالری‌زایی محصول خواهد شد. مالتودکسترن به عنوان جایگزین چربی در انواع محصولات لبنی و قنادی مورد استفاده قرار می‌گیرد.^(۳) صمغ گوار از دانه گیاه *Cyamopsis tetragonolobus* به دست می‌آید. صمغ گوار در دسته پلی‌ساکاریدها و خانواده گالاكتومانان‌ها طبقه بندی شده است. ساختار اصلی گالاكتومانان، زنجیره‌های خطی از واحدهای D- مانوپیرانوز (Mannopyranose) با اتصالات گلوکوزیدی (۱→۴) β می‌باشد

کنجاله‌ها مطابق با روش Karshenas و همکاران (۲۰۱۸) با هدف حذف S-۲ آلبومین موجود در کنجاله به علت آلرژی‌زایی این ترکیب انجام گرفت. بدین ترتیب که ابتدا کنجاله‌های آسیاب شده با نسبت ۱ به ۲ با آب داغ مخلوط شد و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو‌گذاری گردید. سپس به نسبت ۱ به ۶ به آب اضافه و pH با اسید نیتریک روی ۸/۵ تنظیم شد. پس از گذشت ۳۰ دقیقه pH با استفاده از اسید نیتریک ۵/۰ نرمال به ۷/۳ رسانده شد. در نهایت، مخلوط حاصل صاف و تفاله‌های به دست آمده به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید (۷). ترکیبات مورد استفاده به عنوان جایگزین چربی در آب مقطر تا انحلال کامل به خوبی مخلوط شدند.

محلول صمغ‌های گوار، زانتان و مالتودکسترن با درصدهای مختلف از طریق انحلال مقدار مشخصی از هر یک از آنها در آب مقطر تهیه گردید، به‌طوری که محلول صمغ‌ها ویسکوزیته معادل کره گیاهی (۱۸ سانتی پویز) داشته باشد.

تهیه شکلات صبحانه

فرمولاسیون پایه شکلات صبحانه شامل پودر کاکائو (۱۰٪)، شکر (۴٪)، کره کاکائو (۲٪)، پودر فندق (۱۹٪)، لسیتین (۱٪) و شیر خشک (۸٪) در نظر گرفته شد. برای تهیه نمونه‌های شکلات صبحانه، ابتدا تمامی مواد فرمولاسیون شکلات (جدول ۱) در پاتیل پخت با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد مخلوط شد. سپس نمونه‌های تولیدی در ظروف شیشه‌ای استریل ریخته و دربندی شد و تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای محیط نگهداری شدند.

کنجاله کنجد و بادام سرشار از مواد مغذی بوده و منبع غنی از پروتئین، فیبر رژیمی، ویتامین E، ویتامین‌های گروه B و مواد معدنی کمیاب و ضروری مانند کلسیم، پتاسیم، منیزیم، منگنز و مس به شمار می‌روند. بنابراین جایگزینی کنجاله کنجد و بادام شیرین با شیر خشک می‌تواند هم منجر به افزایش ارزش تغذیه‌ای شکلات صبحانه شود و هم مشکلات ناشی از مصرف شیر خشک توسط افراد دارای بیماری عدم تحمل لاکتوز را برطرف کند (۶).

در این تحقیق امکان استفاده از مالتودکسترن و گوار-زانتان به عنوان جایگزین‌های چربی و کنجاله کنجد و بادام شیرین به عنوان جایگزین شیر خشک و اثر آنها روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و رئولوژیکی شکلات صبحانه رژیمی مورد بررسی قرار گرفت.

• مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در فرمولاسیون شکلات صبحانه شامل کره کاکائو (۲٪)، پودر کاکائو (۱۰٪)، شکر (۴٪)، پودر فندق (۱۹٪)، لیستین (۱٪) و شیر خشک (۸٪) بود که از شرکت سلامت گستران آرایان (فرامنش) فراهم شد. مالتودکسترن از شرکت فودکم (Foodchem) چین و صمغ‌های گوار و زانتان از شرکت فوفنگ چین تهیه گردید. کنجاله کنجد و بادام شیرین از کارگاه‌های روغن کشی دانه‌های روغنی خریداری شد. کلیه مواد آزمایشگاهی مورد استفاده در این پژوهش، با خلوص بالا از شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

آماده‌سازی مواد

به‌منظور استفاده از کنجاله‌های کنجد و بادام شیرین به عنوان جایگزین شیر خشک در شکلات صبحانه، آماده‌سازی

جدول ۱. نمایش درصد جایگزین‌های چربی و شیر خشک مورد استفاده برای تولید شکلات صبحانه رژیمی درمانی

نمونه‌ها	کره گیاهی	مالتودکسترن	گوار- زانتان	شیر خشک	کنجاله بادام	کنجاله کنجد	کنجاله بادام شیرین
مالتودکسترن- کنجاله کنجد (M-SM)	.	۱۰۰	.	.	۱۰۰	.	۱۰۰
مالتودکسترن- کنجاله بادام شیرین (M-SAM)	.	۱۰۰	.	.	۱۰۰	.	۱۰۰
(M-MP)	.	۱۰۰	۱۰۰	.	۱۰۰	.	۱۰۰
گوار- زانتان- کنجاله کنجد (GX-SM)	.	۱۰۰	.	۱۰۰	.	۱۰۰	.
(GX-SAM)	.	۱۰۰	.	۱۰۰	.	۱۰۰	.
گوار- زانتان- شیر خشک (GX-MP)	.	۱۰۰	۱۰۰	.	۱۰۰	.	۱۰۰
(V-SM)	.	۱۰۰	.	۱۰۰	.	۱۰۰	.
کره گیاهی- کنجاله بادام شیرین (V-SAM)	.	۱۰۰	.	۱۰۰	.	۱۰۰	.
(V-MP)	.	۱۰۰	۱۰۰	.	۱۰۰	.	۱۰۰

* ابتدا محلول‌هایی با صمغ گوار و زانتان و مالتودکسترن با درصدهای مختلف تهیه گردید، به‌طوریکه ویسکوزیته محلول صمغی معادل کره گیاهی (۱۸ سانتی پویز) گردد. مالتودکسترن- کنجاله کنجد (M-SM)، مالتودکسترن- کنجاله بادام شیرین (M-SAM)، مالتودکسترن- شیر خشک (M-MP)، گوار- زانتان- کنجاله کنجد (GX-SM)، گوار- زانتان- شیر خشک (GX-MP)، گوار گیاهی- کنجاله بادام شیرین (V-SM)، کره گیاهی- کنجاله بادام شیرین (V-SAM)، کره گیاهی- شیر خشک (V-MP).

سانتی‌متر و ۲/۴ سانتی‌متر بود. فاصله بین دیواره و پیستون نیز ۱/۵ میلی‌متر از هر طرف بود (۱۲).

ارزیابی رنگ

به‌منظور ارزیابی رنگ نمونه‌های شکلات صباحانه رژیمی از روش پردازش تصویر استفاده گردید. ابتدا قطعه‌ای به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از شکلات تهیه و به وسیله اسکنر اچ پی مدل G3110، تصویربرداری شد. تصاویر با فرمت jpg و در فضای رنگی RGB ذخیره شدند. تصاویر گرفته شده توسط نرم افزار ImageJ و برنامه آن (Color-Space-Converter) از فضای رنگی RGB به L*, a*, b* تبدیل گردیدند (۱۳).

بررسی کیفیت میکروبی

آزمون‌های میکروبی شامل شمارش کلی باکتری‌ها با استفاده از محیط کشت پلیت کانت آگار و انکوبه گذاری در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، و شمارش کپک و مخمرها با استفاده از محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴-۵ روز مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۸۹۹-۳ و ۵۲۷۲-۲ انجام گرفت (۱۴-۱۵).

ویژگی‌های رئولوژیکی

برای بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی از دستگاه رئومتر Phisica Germany Messtechnik UDS200 (GmbH, Stuttgart) استفاده شد. برای این منظور، نمونه‌های شکلات در ظرفی دربسته به مدت ۷۵ دقیقه در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس نمونه‌های ذوب شده، درون فنجانک ژئومتری استوانه‌های هم مرکز ریخته شد و قبل از شروع آزمون به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت برشی S^{-1} ۵ همزده شد. سپس میزان تغییرات تنش برشی به عنوان تابعی از سرعت برشی در دامنه S^{-1} ۰/۰ تا S^{-1} ۰/۱ و S^{-1} ۵۰ تا S^{-1} ۰/۰ هر کدام در مدت ۳ دقیقه اندازه‌گیری شد (۱۶).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P<0/05$)، و برای تعیین تفاوت میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSSv.9 و Excel2007 انجام گرفت. رسم نمودارها توسط نرم افزار آزمون‌های کالری‌سنجدی، میزان پروتئین، چربی و خاکستر در روز پس از تولید و تعیین محتوی رطوبت، ویژگی‌های بافتی، رئولوژیکی، میکروبی، رنگ‌سنجدی و پایداری فیزیکی و حرارتی در روز پس از تولید و ۶۰ روز پس از تولید مورد ارزیابی قرار گرفت.

بررسی میزان کالری

ارزیابی کالری نمونه‌های شکلات به وسیله بمب کالری‌متر (Gallenkamp Ballistic, UK) انجام گرفت. برای انجام این آزمون ابتدا نمونه‌ها به‌طور کامل همگن شد و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آون قرار گرفت. در مرحله بعد، ۰/۵ گرم از نمونه را وزن و در محفظه موردنظر قرار داده و شیر کپسول سوخت (اکسیژن) را باز کرده که باعث احتراق نمونه می‌شود. میزان حرارت حاصل از سوخته شدن نمونه از طریق سنسور حرارتی به گالوانومتر منتقل می‌شود. انرژی حاصله از طریق رابطه (۱) محاسبه گردید (۸).

$$E = \frac{466.54 \times (D-0.1)}{c} \quad (1)$$

که در رابطه فوق، C: وزن نمونه، D: عدد گالوانومتر، ۰/۱: انرژی حاصل از سوختن فیتیله و ۴۶۶/۵۴: انرژی حاصل از سوختن اسید بنزوئیک می‌باشد.

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

میزان رطوبت نمونه‌های شکلات با استفاده از روش AOAC970.20 اندازه‌گیری شد (۹). اندازه‌گیری محتوی پروتئین، چربی و خاکستر مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۸ انجام گرفت (۱۰).

تعیین میزان پایداری فیزیکی و حرارتی

به‌منظور تعیین پایداری فیزیکی نمونه‌های شکلات، مقدار ۱۵ گرم شکلات در لوله آزمایشگاهی مدرج قرار داده شد و در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه در دمای محیط سانتریفیوژ گردید. سپس لایه روغن تشکیل شده در سطح دور ریخته شد و وزن رسوب باقی مانده ثبت گردید. جهت تعیین پایداری حرارتی شکلات، نمونه‌ها قبل از سانتریفیوژ شدن به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. لایه روغن تشکیل شده در سطح دور ریخته شد و وزن رسوب باقی مانده اندازه‌گیری گردید. پایداری فیزیکی و حرارتی نمونه‌های شکلات با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (۱۱).

$$\text{وزن رسوب سانتریفیوژ} \times 100 = \frac{\text{وزن اویله نمونه}}{\text{پایداری}} \quad (2)$$

ویژگی‌های بافتی

برای اندازه‌گیری میزان سختی شکلات از دستگاه بافت سنج (Hounsfield H512S)، آلمان) و آزمون اکستروژن استفاده گردید. بدین منظور از پروب اکستروژن برگشتی با قطر صفحه فشرده کننده ۳۵ میلی‌متر و میزان بار ۵ گرم استفاده شد. قطر محفظه، ارتفاع و قطر پیستون به ترتیب ۴/۵ سانتی‌متر، ۵/۵

۰ یافته‌ها

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول ۲، میزان رطوبت در نمونه‌های شکلات تولیدی با کره گیاهی کمتر از نمونه‌های فرموله شده با جایگزین‌های چربی بود، و استفاده از مالتودکسترن و صمغ‌های گوار و زانتان به جای کره گیاهی، منجر به افزایش محتوی رطوبتی نمونه‌های شکلات صحانه گردید ($P<0.05$).

در میان عوامل بافت دهنده به کار رفته در تولید شکلات رژیمی به ترتیب، کنجاله کنجد و کنجاله بادام شیرین نسبت به شیر خشک تأثیر قابل توجه‌تری بر افزایش میزان پروتئین شکلات صحانه رژیمی داشتند ($P<0.05$).

همان‌طور که انتظار می‌رفت و مطابق با نتایج به دست آمده از جدول ۲، نمونه‌های شکلات تولید شده با کره گیاهی به طور معنی‌داری ($P<0.05$)، چربی بالاتری داشتند، و میزان چربی در نمونه‌های شکلات تولیدی با جایگزینی مالتودکسترن با چربی در مقایسه با نمونه‌های شکلات تولید شده با جایگزینی صمغ گوار- زانتان با چربی و نمونه‌های فرموله شده با کره گیاهی به طور معنی‌داری کمتر بود ($P<0.05$). بر اساس نتایج به دست آمده از جدول ۲ تفاوت معنی‌داری بین محتوی خاکستر نمونه‌های شکلات فرموله شده با عوامل جایگزین چربی و کره گیاهی حاوی عوامل مختلف بافت دهنده مشاهده نشد ($P>0.05$). زاویه رنگ تیمارهای مختلف در محدوده ۳۰ تا ۳۴۵ درجه متغیر بود. مطابق با نتایج به دست آمده از جدول ۳، بیشترین تغییرات کلی رنگ مربوط به نمونه شکلات تولیدی با جایگزینی مالتودکسترن با چربی حاوی کنجاله بادام شیرین و کمترین تغییرات کلی رنگ مربوط به نمونه شکلات با چایگزینی صمغ گوار- زانتان با چربی حاوی شیر خشک بود.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود پایداری فیزیکی و حرارتی نمونه‌های شکلات تولید شده با جایگزینی مالتودکسترن و

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین اثر جایگزینی مالتودکسترن و گوار- زانتان با چربی و کنجاله کنجد و بادام شیرین با شیر خشک بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های شکلات صحانه رژیمی درمانی

نمونه	کالری (کیلوکالری بر گرم)	رطوبت (درصد)	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	خاکستر (درصد)	پایداری فیزیکی (درصد)	پایداری حرارتی (درصد)
M-SM	۶.۷۸±۰.۰۱ ^f	۷۰.۸۳±۱۰.۷۷ ^b	۹.۱۰±۰.۰۲ ^d	۴.۹۰±۰.۰۶ ⁱ	۲.۸۷±۰.۴۵ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a
M-SAM	۶.۳۶±۰.۰۱ ⁱ	۶۷.۲۸±۰.۵۲ ^{bc}	۷.۸۰±۰.۰۷ ^e	۶.۴۰±۰.۰۲ ^g	۳.۰۰±۰.۲۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a
M-MP	۶.۴۸±۰.۰۱ ^h	۸۶.۱۶±۴.۸۴ ^a	۶.۷۰±۰.۰۴ ^g	۵.۰۵±۰.۰۴ ^h	۳.۲۰±۰.۸۲ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a
GX-SM	۸.۲۶±۰.۰۱ ^a	۶۲.۷۴±۰.۷۸ ^c	۹.۷۰±۰.۰۲ ^a	۷.۲۰±۰.۰۱ ^e	۱.۹۷±۱.۲۵ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a
GX-SAM	۶.۸۷±۰.۰۱ ^e	۶۹.۸۵±۸.۴۰ ^b	۹.۴۰±۰.۰۵ ^b	۶.۶۰±۰.۰۵ ^f	۳.۳۳±۱.۸۹ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a
GX-MP	۶.۵۱±۰.۰۱ ^g	۶۷.۷۳±۳.۳۷ ^{bc}	۵.۵۰±۰.۰۴ ⁱ	۹.۷۰±۰.۰۵ ^d	۲.۳۷±۰.۴۵ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a
V-SM	۷.۳۲±۰.۰۱ ^b	۲۷.۸۱±۰.۹۹ ^e	۹.۲۰±۰.۰۳ ^c	۲.۵۱±۲.۱۷ ^a	۹۶.۳۹±۰.۴۴ ^{ab}	۹۷.۴۵±۱.۲۵ ^c	۹۶.۴۵±۱.۲۵ ^c
V-SAM	۷.۱۸±۰.۰۱ ^c	۳۶.۵۸±۰.۸۲ ^d	۷.۵۰±۰.۰۴ ^f	۱۲.۶۰±۰.۰۶ ^c	۲.۳۴±۰.۲۳ ^a	۹۶.۰۵±۰.۴۷ ^c	۹۶.۸۳±۱.۱۵ ^c
V-MP	۷.۱۳±۰.۰۱ ^d	۳۲.۶۶±۰.۹۷ ^e	۵.۶۰±۰.۰۶ ^h	۱۲.۷۰±۰.۰۴ ^b	۲.۷۴±۰.۲۱ ^a	۹۶.۷۴±۰.۷۶ ^b	۹۸.۸۱±۰.۶۱ ^b

-اعداد، میانگین (سه تکرار) ± انحراف معیار هستند. اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، اختلاف معنی‌داری از لحاظ آزمون دانکن با یکدیگر ندارند ($P>0.05$). مالتودکسترن-کنجاله کنجد (M-SM)، مالتودکسترن-شیر خشک (M-SAM)، مالتودکسترن-کنجاله بادام شیرین (M-MP)، گوار- زانتان- کنجاله کنجد (GX-SM)، گوار- زانتان با چایگزینی (GX-SAM)، گوار- زانتان- شیر خشک (V-SM)، گره گیاهی- کنجاله کنجد (V-SAM)، گره گیاهی- کنجاله بادام شیرین (V-SAM)، گره گیاهی- شیر خشک (V-MP).

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین اثر جایگزینی مالتودکسترن و گوار-زانتان با چربی و کنجاله کنجد و بادام شیرین با شیر خشک بر رنگ نمونه‌های شکلات صبحانه رژیمی درمانی

نمونه	L*	a*	b*	اندیس سفیدی	کرومای	زاویه رنگ	تغییرات کلی رنگ
M-SM	۷.۳۰±۰.۰۶ ^{bc}	۰.۹۴±۰.۰۲ ^{abc}	-۰.۲۷±۰.۰۱ ^{ab}	۷.۲۹±۰.۰۶ ^{bcd}	۰.۹۸±۰.۰۲ ^a	۳۴۴.۲۶±۰.۳۹ ^a	۳.۶۳±۰.۰۵ ^{bcd}
M-SAM	۴.۰۰±۰.۰۹ ^d	۰.۴۰±۰.۲۶ ^{bc}	۰.۳۶±۰.۰۵ ^{ab}	۴.۰۰±۰.۰۸ ^d	۰.۷۱±۰.۱۷ ^a	۱۵۲.۸۴±۱۶۷.۸۷ ^{ab}	۶.۸۸±۰.۰۶ ^a
M-MP	۶.۰۱±۱.۳۴ ^{cd}	۰.۲۲±۰.۰۴ ^{bc}	۰.۷۶±۰.۷۰ ^a	۶.۰۰±۱.۳۳ ^{cd}	۰.۸۶±۰.۵۵ ^a	۱۷۱.۴۰±۱۵۸.۳۲ ^{ab}	۵.۰۵±۱.۱۱ ^{ab}
GX-SM	۰.۸۷±۲.۳۰ ^{cd}	۰.۷۷±۰.۰۹ ^{abc}	۰.۷۰±۰.۴۵ ^a	۰.۸۶±۲.۲۹ ^{cd}	۱.۱۷±۰.۸۱ ^a	۴۵.۸۵±۳۴.۵۹ ^b	۰.۳۶±۱.۷۸ ^{ab}
GX-SAM	۷.۲۱±۱.۷۰ ^{bc}	۱.۴۹±۰.۶۸ ^{ab}	۰.۸۴±۰.۱۷ ^a	۷.۲۰±۱.۷۰ ^{bc}	۱.۷۲±۰.۶۵ ^a	۳۱.۱۲±۸.۷۲ ^b	۴.۲۵±۱.۵۰ ^{bc}
GX-MP	۹.۳۱±۱.۱۶ ^{ab}	۰.۶۲±۰.۴۱ ^{abc}	۰.۴۹±۰.۸۰ ^a	۹.۳۰±۱.۱۶ ^{ab}	۱.۰۰±۰.۳۵ ^a	۱۵۱.۱۶±۱۷۵.۶۱ ^{ab}	۲.۲۴±۰.۷۳ ^{cd}
V-SM	۷.۵۲±۰.۴۳ ^{bc}	۱.۱۱±۰.۲۳ ^{ab}	۰.۲۶±۰.۷۴ ^{ab}	۷.۵۱±۰.۴۲ ^{bc}	۱.۲۵±۰.۴۴ ^a	۲۴۷.۲۰±۱۸۰.۵۳ ^{ab}	۳.۶۱±۰.۶۰ ^{bc}
V-SAM	۸.۴۴±۲.۴۳ ^{abc}	۱.۲۰±۰.۹۸ ^{ab}	۰.۸۴±۰.۵۶ ^a	۸.۴۲±۲.۴۴ ^{abc}	۱.۶۲±۰.۷۶ ^a	۳۷.۴۲±۳۴.۰۳ ^b	۳.۳۲±۲.۱۳ ^{bc}
V-MP	۱۰.۷۸±۲.۰۲ ^a	-۰.۰۳±۰.۳۲ ^c	-۰.۶۷±۰.۷۷ ^{ab}	-۰.۷۷±۰.۳۰ ^a	۰.۷۲±۰.۷۷ ^a	۲۸۵.۳۹±۵۳.۹۲ ^a	۱.۶۸±۰.۷۳ ^d

اعداد، میانگین (سه تکرار) ± انحراف معیار هستند. اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، اختلاف معنی‌داری از لحاظ آزمون دانکن با یکدیگر ندارند ($P > 0.05$). مالتودکسترن-کنجاله کنجد(M-SM)، مالتودکسترن-کنجاله بادام شیرین(M-SAM)، مالتودکسترن-شیر خشک(GX-SM)، گوار-زانتان-کنجاله کنجد(GX-MP)، گوار-زانتان-کنجاله بادام شیرین(V-SM)، گوار-زانتان-شیر خشک(GX-SAM)، گوار-زانتان-کنجاله کنجد(V-SAM)، کوه گیاهی-کنجاله بادام شیرین(V-SAM)، کوه گیاهی-شیر خشک(V-MP).

نهایی شد ($P < 0.05$). بیشترین میزان سختی و چسبندگی مربوط به نمونه شکلات تولید شده با جایگزینی مالتودکسترن با چربی حاوی شیر خشک بود ($P < 0.05$). همانگونه که نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد در نمونه‌های شکلات تولید شده با مالتودکسترن و کوه گیاهی نوع عامل بافت دهنده تأثیری بر نیروی چسبندگی نداشت ($P > 0.05$), اما در نمونه‌های شکلات فرموله شده با صمغ گوار-زانتان، کنجاله بادام شیرین نسبت به کنجاله کنجد اثر بیشتری در افزایش نیروی چسبندگی داشت ($P < 0.05$).

ویژگی‌های بافتی
بر اساس نتایج به دست آمده از جدول ۴ تنها نمونه شکلات تولیدی با جایگزینی مالتودکسترن با چربی حاوی شیر خشک و نمونه‌ی شکلات تولید شده با جایگزینی صمغ گوار-زانتان با چربی حاوی کنجاله بادام شیرین تفاوت معنی‌داری ($P < 0.05$)، را با سایر تیمارها نشان دادند. لازم به ذکر است که در نمونه‌های شکلات تولید شده با صمغ گوار-زانتان، کنجاله بادام شیرین سبب افزایش معنی‌دار در میزان سختی و چسبندگی محصول

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین اثر جایگزینی مالتودکسترن و گوار-زانتان با چربی و کنجاله کنجد و بادام شیرین با شیر خشک بر ویژگی‌های بافتی نمونه‌های شکلات صبحانه رژیمی درمانی

نمونه	سختی (نیوتن)	چسبندگی (نیوتن در دقیقه)	نیروی چسبندگی (نیوتن)
M-SM	۳.۴۰±۰.۷۰ ^c	۰.۰۳±۰.۰۰ ^c	۲.۸۲±۰.۶۹ ^c
M-SAM	۴.۰۸±۱.۳۰ ^c	۰.۰۵±۰.۰۳ ^c	۲.۷۰±۰.۸۷ ^c
M-MP	۱۴.۴۰±۳.۰۰ ^a	۰.۲۱±۰.۱۰ ^a	۵.۰۱±۰.۴۲ ^c
GX-SM	۵.۰۲±۱.۳۹ ^c	۰.۰۵±۰.۰۴ ^c	۲.۷۷±۱.۱۱ ^c
GX-SAM	۸.۸۳±۲.۶۳ ^b	۰.۱۵±۰.۰۸ ^b	۴.۴۵±۰.۸۵ ^{ab}
GX-MP	۵.۴۸±۱.۸۶ ^c	۰.۰۶±۰.۰۳ ^c	۳.۵۹±۱.۴۳ ^{bc}
V-SM	۵.۷۸±۱.۴۰ ^c	۰.۰۸±۰.۰۳ ^c	۳.۵۹±۰.۷۵ ^{bc}
V-SAM	۳.۴۲±۲.۰۰ ^c	۰.۰۵±۰.۰۴ ^c	۲.۲۶±۱.۰۵ ^c
V-MP	۴.۱۰±۱.۹۳ ^c	۰.۰۵±۰.۰۱ ^c	۲.۹۹±۱.۴۱ ^c

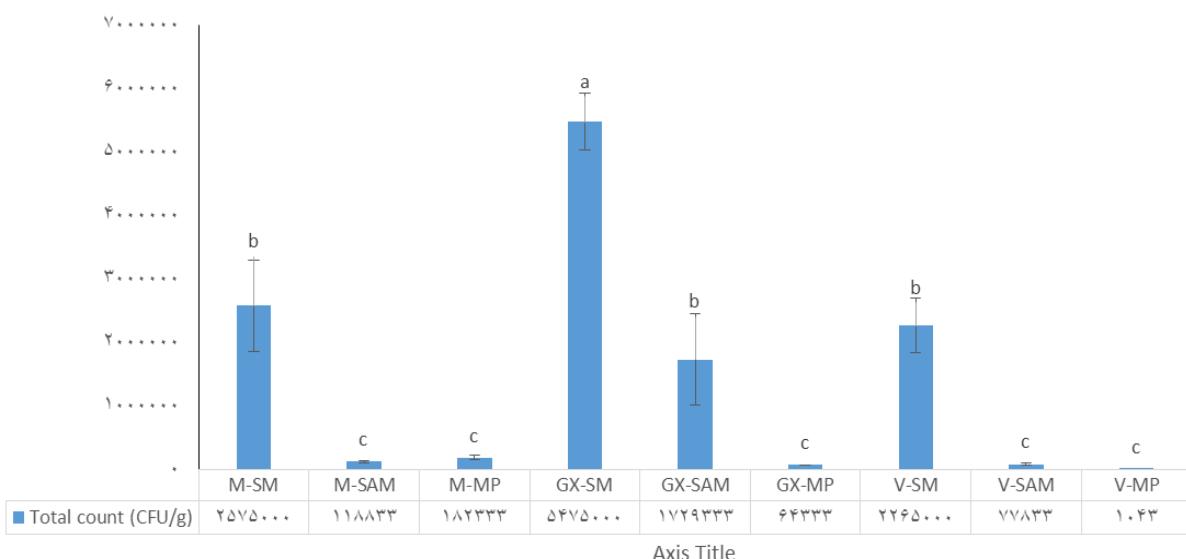
اعداد، میانگین (سه تکرار) ± انحراف معیار هستند. اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، اختلاف معنی‌داری از لحاظ آزمون دانکن با یکدیگر ندارند ($P > 0.05$). مالتودکسترن-کنجاله کنجد(M-SM)، مالتودکسترن-کنجاله بادام شیرین(M-SAM)، مالتودکسترن-شیر خشک(GX-SM)، گوار-زانتان-کنجاله کنجد(GX-MP)، گوار-زانتان-شیر خشک(GX-SAM)، گوار-زانتان-کنجاله بادام شیرین(V-SAM)، کوه گیاهی-کنجاله بادام شیرین(V-SAM)، کوه گیاهی-شیر خشک(V-MP).

کمتر از نمونه‌های شکلات‌ها کنجاله کنجد بود. باید اشاره داشت که در نمونه‌های شکلات‌تولیدی با جایگزینی صمغ گوار-زاندان با چربی، استفاده از شیر خشک در مقایسه با کنجاله کنجد و کنجاله بادام شیرین از نظر کاهش شمارش کلی میکروب‌ها و کپک و مخمرها تأثیرگذارتر بود. بیشترین شمارش کلی میکروب‌ها و کپک و مخمرها به نمونه شکلات‌تولیدی با جایگزینی صمغ گوار-زاندان با چربی حاوی کنجاله کنجد تعلق داشت ($P<0.05$).

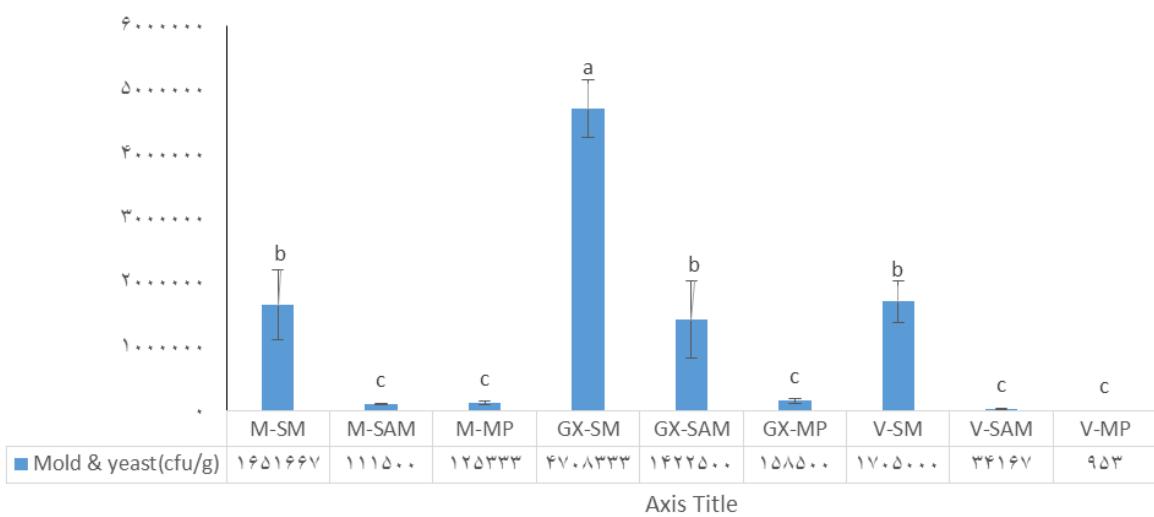
کیفیت میکروبی

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود تفاوت معنی‌داری میان شمارش کلی باکتری‌ها و کپک و مخمرها در نمونه‌های شکلات‌تولیدی با جایگزینی مالتودکسترن با چربی و نمونه‌های فرموله شده با کره گیاهی وجود نداشت ($P>0.05$). در نمونه‌های شکلات‌تولیدی با مالتودکسترن و کره گیاهی حاوی کنجاله بادام شیرین و شیر خشک شمارش کلی میکروب‌ها و کپک و مخمرها به‌طور معنی‌داری ($P<0.05$).

(الف)



(ب)



شکل ۱. مقایسه شمارش کلی باکتری‌ها (الف) و کپک و مخمرها (ب) در نمونه‌های شکلات صبحانه رژیمی درمانی

میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) در کیفیت میکروبی شکلات صبحانه رژیمی ندارند. مالتودکسترن-کنجاله کنجد(M-SM)، مالتودکسترن-کنجاله بادام شیرین(M-SAM)، مالتودکسترن-شیر خشک(GX-SM)، گوار-زاندان-کنجاله کنجد(M-MP)، گوار-زاندان-کنجاله بادام شیرین(GX-SAM)، گوار-زاندان-شیر خشک(GX-MP)، کره گیاهی-کنجاله کنجد(V-SM)، کره گیاهی-شیر خشک(V-MP).

برقراری پیوند با مولکول‌های آب موجود در فرمولاسیون شکلات و محبوس نمودن آن درون شبکه ژلی باشد (۱۷).

پایداری فیزیکی و حرارتی

پایداری فیزیکی و حرارتی نمونه‌های شکلات تولیدی با جایگزینی مالتودکسترنین با چربی و همچنین جایگزینی صمغ گوار-زانتان با چربی حاوی انواع مختلف بافت دهنده‌ها در طول دوره نگهداری تغییر معنی‌داری نکرد ($P > 0.05$), و با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند ($P < 0.05$). نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که پایداری فیزیکی و حرارتی نمونه‌های شکلات فرموله شده با جایگزینی مالتودکسترنین با چربی و جایگزینی صمغ گوار-زانتان با چربی حاوی انواع مختلف بافت دهنده‌ها نسبت به نمونه‌های شکلات تولید شده با کره گیاهی حاوی انواع مختلف بافت دهنده‌ها بالاتر بود ($P < 0.05$). در پایان دوره نگهداری (روز شصتم)، کمترین پایداری فیزیکی و حرارتی مربوط به نمونه شکلات تولیدی با کره گیاهی حاوی کنجاله بادام شیرین بود.

مقایسه نمونه‌های شکلات صبحانه رژیمی در طول دوره نگهداری رطوبت

همان‌طور که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود در طول دوره نگهداری، نمونه‌های شکلات تولیدی با کره گیاهی حاوی انواع مختلف عوامل بافت دهنده رطوبت کمتری در مقایسه با نمونه‌های تولید شده با مالتودکسترنین و صمغ گوار-زانتان حاوی انواع مختلف بافت دهنده‌ها داشتند ($P < 0.05$). تنها در نمونه حاوی کنجاله بادام شیرین رطوبت پس از پایان دوره نگهداری (روز شصتم) نسبت به روز اول تولید کاهش یافت ($P < 0.05$). بیشترین میزان رطوبت مربوط به نمونه شکلات تولیدی با جایگزینی مالتودکسترنین با چربی حاوی شیر خشک و کمترین میزان رطوبت مربوط به نمونه‌های شکلات تولیدی با کره گیاهی حاوی کنجاله کنجد و شیر خشک بود. در مجموع عدم تغییر محتوی رطوبت برخی از نمونه‌های شکلات تولیدی با جایگزین‌های چربی طی زمان نگهداری می‌تواند به دلیل توانایی جایگزین‌های چربی مورد استفاده در این تحقیق در

جدول ۵. مقایسه ویژگی‌های کیفی و فیزیکی نمونه‌های شکلات صبحانه رژیمی درمانی در طول دوره نگهداری

نمونه	روز	رطوبت (درصد)	پایداری فیزیکی (درصد)	پایداری حرارتی (درصد)	سختی (تیون)	چسبندگی (تیون در ۵ دقیقه)	تیروی چسبندگی (تیون)	شمارش کلی باکتری‌ها (cfu/g)	شمارش کپک و مخرماها (cfu/g)
M-SM	۱	۷۶.۰۹±۴.۳۹ ^c	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۳.۴۰±۰.۷۰ ^e	۰.۰۳±۰.۰۰ ^e	۲.۸۲±۰.۶۹ ^{ef}	۴۱۳۳۳۳±۲۷۵۴۵ ^b	۴۷۰۰۰±۶۰۰۰ ^e
M-SM	۶	۶۵.۵۷±۰.۲۳ ^d	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۵±۰.۰۰ ^{cd}	۰.۰۷±۰.۰۰ ^e	۰.۰۲±۰.۰۰ ^{de}	۱۰۱۶۶۷±۷۲۳۸ ^d	۲۸۳۳۳۳±۵۵۰.۷۵ ^c
M-SAM	۱	۶۷.۴۵±۰.۴۰ ^d	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۳.۱۰±۰.۸۷	۰.۰۳±۰.۰۰ ^e	۰.۱۹±۰.۷۶ ^{fg}	۸۵۳۳۳۳±۱۱۶۰. ^e	۱۳۹۳۳۳±۱۳۴۲۹ ^e
M-SAM	۶	۶۷.۱۰±۰.۵۶ ^d	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۷±۰.۰۰ ^{cd}	۰.۰۷±۰.۰۰ ^e	۰.۰۲±۰.۰۰ ^{de}	۱۵۲۲۲۲±۲۶۵۷۷ ^e	۸۳۶۶۷±۱۰۹۹ ^e
M-MP	۱	۸۸.۶۸±۰.۰۵ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۱.۸۰±۰.۷۷ ^b	۰.۱۴±۰.۰۰ ^c	۰.۰۵±۰.۰۰ ^a	۰.۷۵±۰.۰۵ ^a	۱۰۱۳۳۳±۲۴۱۷۳ ^e
M-MP	۶	۸۳.۵۷±۰.۲۶ ^{ab}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۲۷±۰.۰۰ ^b	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۵۷±۰.۰۵ ^a	۷۰.۶۷±۱۹۷۲۲ ^e
GX-SM	۱	۶۲.۰۴±۰.۲۴ ^d	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۳±۰.۰۰ ^{cd}	۰.۳۰±۰.۰۰ ^e	۰.۴۵±۰.۰۵ ^{ef}	۴۵۷۶۶۷±۷۲۳۱۴ ^b
GX-SM	۶	۶۳.۴۳±۰.۱۵ ^d	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۳±۰.۰۰ ^e	۰.۰۰±۰.۰۰ ^e	۳۷۳۷۷۷±۷۰۷۶۵ ^b	۳۸۱۶۶۷±۷۰۷۶۵ ^b
GX-SAM	۱	۷۶.۹۳±۰.۰۳ ^{bc}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۳۵۳۳۳±۶۰۹۲۷ ^c
GX-SAM	۶	۶۶.۴۳±۰.۱۵ ^d	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۳۵۳۳۳±۶۰۹۲۷ ^c
GX-SAM	۶	۶۲.۷۶±۰.۰۵ ^d	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۱±۰.۰۰ ^b	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۲۲۳۳۳۳±۱۶۵۶۳. ^e
GX-SAM	۶	۶۶.۴۹±۰.۰۸ ^d	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۸۱۶۶۷±۱۰۲۱۴ ^e
GX-MP	۱	۶۶.۴۹±۰.۰۸ ^d	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۷۹۰۰۰±۱۰۱۷۱۶ ^e
GX-MP	۶	۶۶.۴۹±۰.۰۸ ^d	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۷۳۶۶۷±۱۰۵۶۷ ^e
GX-MP	۶	۶۹.۱۷±۱.۰۷ ^d	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۴۹۶۶۷±۲۵۱۷۱ ^e
V-SM	۱	۲۸.۴۱±۰.۰۵ ^f	۹۷.۹۱±۰.۷۱ ^{bc}	۹۷.۹۱±۰.۷۱ ^{bc}	۰.۱۷±۰.۲۰ ^c	۰.۰۵±۰.۰۰ ^{de}	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۳۱۷۶۶۷±۴۲۱۴ ^d
V-SM	۶	۲۷.۲۰±۱.۰۲ ^f	۹۶.۹۹±۱.۶۵ ^{cd}	۹۶.۹۹±۱.۶۵ ^{cd}	۰.۱۱±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۳۵۳۳۳±۸۵۰۴۹ ^e
V-SAM	۱	۳۷.۲۲±۰.۰۴ ^e	۹۶.۱۳±۰.۷۷ ^{cd}	۹۶.۱۳±۰.۷۷ ^{cd}	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۴۰.۳۳±۴.۹۳ ^e
V-SAM	۶	۳۵.۹۳±۰.۴۱ ^{ef}	۹۵.۹۷±۰.۰۵ ^a	۹۵.۹۷±۰.۰۵ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۱۵۳۳۳±۱۸۵۰۶ ^e
V-MP	۱	۲۲.۴۷±۰.۹۷ ^f	۹۷.۰۶±۰.۹۵ ^b	۹۷.۰۶±۰.۹۵ ^b	۰.۱۷±۰.۲۱ ^c	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۱۱۳۳±۶.۰ ^e
V-MP	۶	۲۲.۸۴±۱.۱۹ ^f	۹۶.۴۳±۰.۵۰ ^{cd}	۹۶.۴۳±۰.۵۰ ^{cd}	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۰.۰۰±۰.۰۰ ^a	۹۵۳±۲۲۱ ^e

-اعداد، میانگین (سه تکرار) ± انحراف میانگرد است. اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، اختلاف معنی‌داری از لحاظ آزمون دانکن با یکدیگر ندارند ($P < 0.05$).
 -M-SM، M-SAM، M-MP، GX-SM، GX-SAM، V-SM، V-SAM، V-MP، کنجاله بادام شیرین (M-SAM)، مالتودکسترنین (M-MP)، گوار-زانتان-کنجاله کنجد (V-SM)، گوار-زانتان-شیر خشک (GX-SAM)، گوار-زانتان-شیر خشک (GX-MP)، کره گیاهی-کنجاله کنجد (V-SAM)، کره گیاهی-کنجاله بادام شیرین (V-MP)، شیر خشک (V-MP).

شخصت در نمونه شکلات صبحانه تولید شده با گوار- زانتان و کنجاله بادام شیرین پس از اعمال دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی گراد روند افزایشی داشت.

شکل ۲. منحنی تغییرات مدول ویسکوز، مدول الاستیک و تائزانت افت - دما در نمونه‌های شکلات صبحانه رژیمی درمانی در روز پس از تولید و روز شخصت

با توجه به شکل ۳ که منحنی تغییرات مدول ویسکوز، مدول الاستیک و تائزانت افت را نسبت به فرکانس زاویه‌ای نشان می‌دهد، در تمامی نمونه‌های شکلات صبحانه به جز نمونه حاوی کره گیاهی و شیر خشک، هم در روز اول پس از تولید و هم در روز شخصت، مدول ذخیره یا الاستیک (G') بالاتری نسبت به مدول افت یا ویسکوز (G'') داشتند. در حالیکه نمونه حاوی کره گیاهی و شیر خشک در روز پس از تولید و روز شخصت، مدول الاستیک کمتری نسبت به مدول ویسکوز دارا بود. نتایج این تحقیق نشان داد که تمامی نمونه‌های شکلات صبحانه به فرکانس وابسته بودند و با افزایش فرکانس زاویه‌ای تا 450 s^{-1} روند افزایشی داشتند. اما در فرکانس‌های بالاتر در تعدادی از نمونه‌ها مدول الاستیک کاهش یافت. همچنین در محدوده فرکانس آزمون، تائزانت افت همه نمونه‌ها کمتر از ۱ به دست آمد. مقادیر کمتر از ۱ تائزانت اتفاف برای تمامی نمونه‌ها تأیید بر رفتار جامد گون نمونه‌های شکلات صبحانه می‌باشد.

۰ بحث

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

همان‌طور که انتظار می‌رفت، با استفاده از جایگزین‌های چربی (مالتوکسترین و صمغ گوار- زانتان) و حذف کره گیاهی از فرمولاسیون شکلات صبحانه به طور قابل توجهی از میزان کالری این محصول کاسته شد. در همین راستا، Mohammadi و همکاران (۲۰۱۸) با جایگزینی آرد سویاً بدون چربی و حذف بخشی از چربی در فرمول شکلات، کالری محصول تولیدی را کاهش دادند (۱۸). در تحقیقی دیگر Khoshkikh و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از فیبر بامبو به عنوان جایگزین چربی در فرمولاسیون شکلات صبحانه، شاهد کاهش میزان کالری شکلات صبحانه بودند (۱۹). لازم به ذکر است که به ترتیب، شیر خشک و کنجاله بادام شیرین در کاهش کالری شکلات صبحانه مؤثرتر از کنجاله کنجد بودند ($P < 0.05$). کنجاله‌ها حاوی مقادیر بالایی پروتئین و فیبر هستند (۲۰)، لذا استفاده از آنها در فرمولاسیون شکلات صبحانه توانست تا حدودی باعث افزایش کالری محصول نهایی شود.

ویژگی‌های بافتی

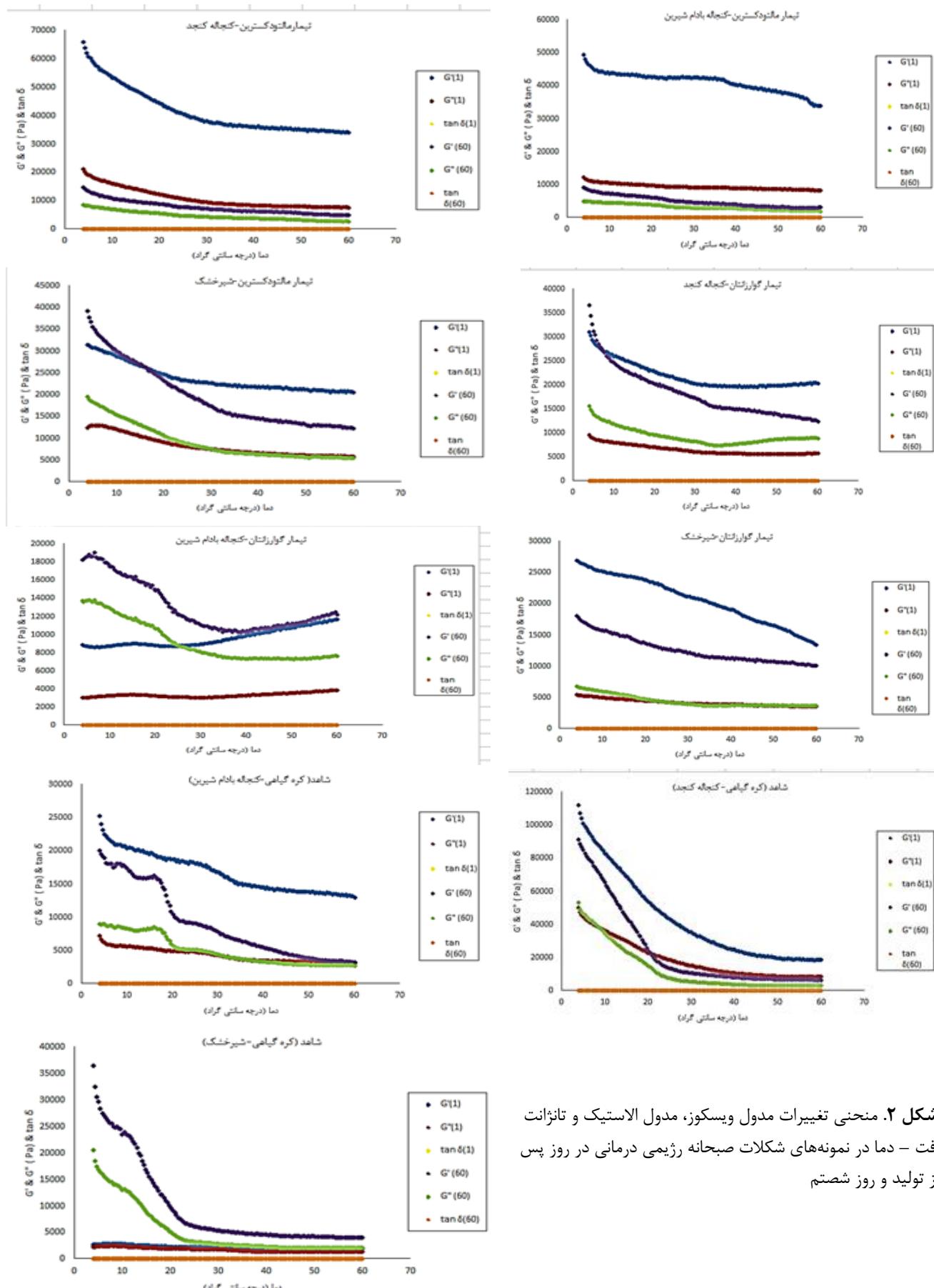
با گذشت زمان نگهداری میزان سختی نمونه‌های شکلات تولیدی با جایگزینی مالتودکسترین با چربی حاوی انواع مختلف بافت دهنده‌ها افزایش یافت ($P < 0.05$). اما سختی نمونه‌های شکلات تولید شده با جایگزینی صمغ گوار- زانتان با چربی حاوی کنجاله کنجد و شیر خشک طی دوره نگهداری تغییری نکرد ($P > 0.05$ ، در حالیکه در نمونه فرموله شده با جایگزینی صمغ گوار- زانتان با چربی حاوی کنجاله بادام شیرین روند افزایشی سختی مشاهده شد ($P < 0.05$). چسبندگی نمونه‌های شکلات تولید شده با مالتودکسترین و صمغ گوار- زانتان حاوی انواع مختلف عوامل بافت دهنده با گذشت زمان طی دوره نگهداری افزایش پیدا کرد ($P < 0.05$). نیروی چسبندگی نمونه‌های شکلات تولیدی با مالتودکسترین و صمغ گوار- زانتان در طول دوره نگهداری بیشتر از نمونه‌های شکلات بر پایه کره گیاهی اندازه‌گیری شد ($P < 0.05$). پس از اتمام دوره نگهداری، کمترین میزان سختی، چسبندگی و نیروی چسبندگی مربوط به نمونه شکلات فرموله شده با کره گیاهی حاوی شیر خشک و بیشترین میزان سختی، چسبندگی و نیروی چسبندگی مربوط به نمونه شکلات تولیدی با جایگزینی مالتودکسترین با چربی حاوی شیر خشک بود (جدول ۵).

کیفیت میکروبی

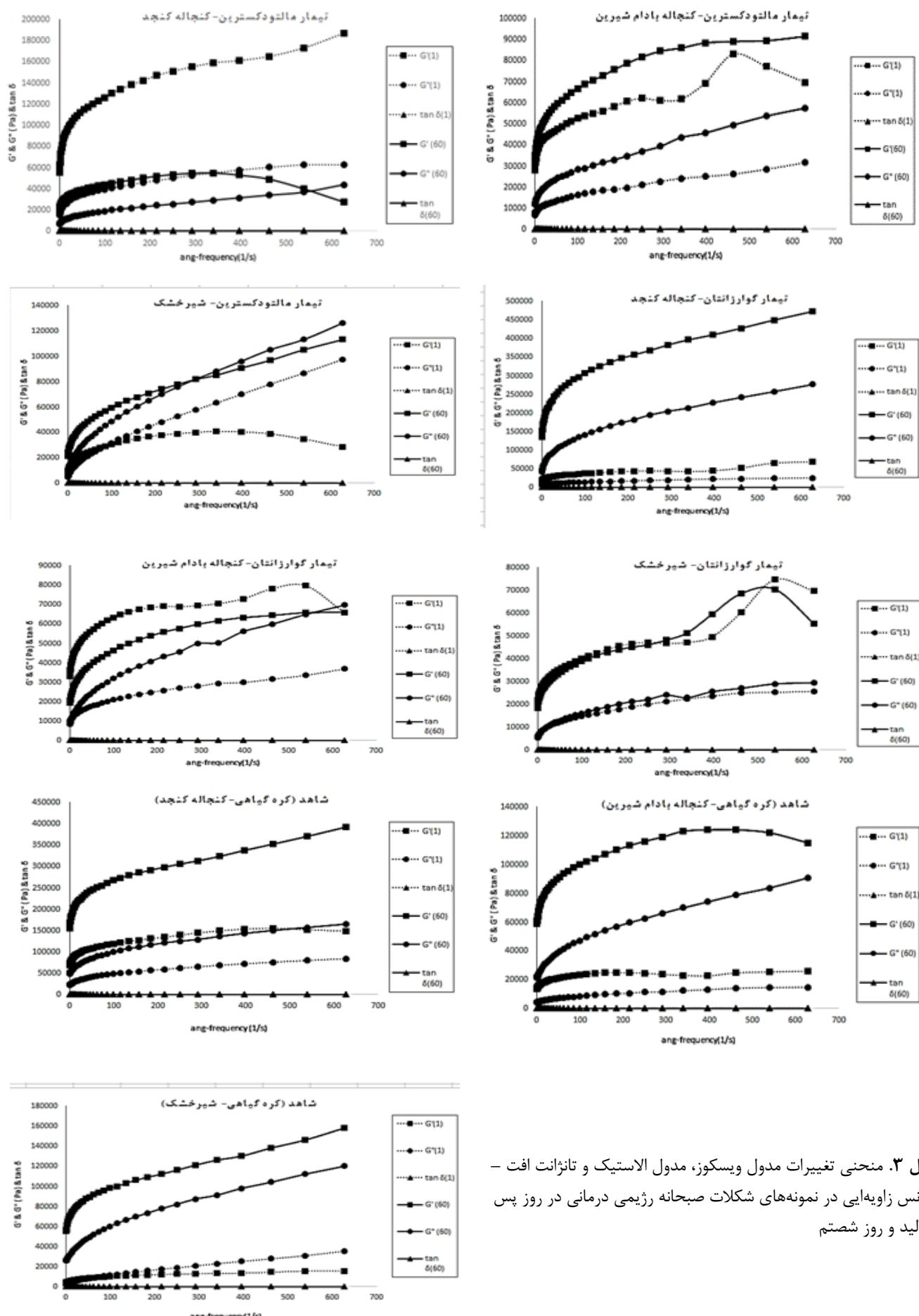
بر اساس نتایج به دست آمده از جدول ۵، پس از اتمام زمان نگهداری شمارش کلی باکتری‌ها و کپک و مخمرها در نمونه‌های شکلات تولیدی با صمغ گوار- زانتان حاوی کنجاله کنجد و بادام شیرین بیشتر از نمونه‌های شکلات تولید شده با مالتودکسترین و کره گیاهی بود ($P < 0.05$). نمونه شکلات تولیدی با صمغ گوار- زانتان و کنجاله کنجد در روز شخصت نگهداری بیشترین شمارش کلی میکروب‌ها و کپک و مخمرها را نشان داد. علت افزایش شمارش کلی باکتری‌ها و مخمرها در برخی از نمونه‌های شکلات طی ۶۰ روز نگهداری، احتمالاً در نتیجه وجود آلودگی ثانویه ناشی از دستگاه‌های تولید و بسته بندی ظروف باشد.

ویژگی‌های رئولوژیکی

شکل ۲ منحنی تغییرات مدول ویسکوز، مدول الاستیک و تائزانت افت نسبت به افزایش دما را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تمامی نمونه‌ها هم در روز پس از تولید و هم در روز شخصت دوره نگهداری مقادیر مدول الاستیک بالاتری نسبت به مدول ویسکوز در محدوده دمایی اعمال شده داشتند، در نتیجه در دسته ژله‌ای ضعیف طبقه بندی می‌شوند. در تمامی نمونه‌ها با افزایش دما، مدول الاستیک و ویسکوز روند کاهشی را نشان داد. اما مدول الاستیک روز پس از تولید و روز



شکل ۲. منحنی تغییرات مدول ویسکوز، مدول الاستیک و تانزانت افت - دما در نمونه‌های شکلات صبحانه رژیمی درمانی در روز پس از تولید و روز شصتم



شکل ۳. منحنی تغییرات مدول ویسکوز، مدل الاستیک و تانژانت افت فرکانس زاویه‌ای در نمونه‌های شکلات صبحانه رژیمی درمانی در روز پس از تولید و روز شصتم

تحقیق، در مطالعه انجام شده توسط Abdolnabipour و همکاران (۲۰۱۹)، استفاده از کنجاله کنجد در تولید کیک فنجانی تأثیر بهسزایی در افزایش میزان خاکستر محصول داشت (۲۷).

امولسیون پایدار به امولسیونی اطلاق می‌شود که فرآیندهایی نظیر تجمع و خامه‌ای شدن در آن رخ ندهد و دو فاز نشود (۲۸). افزایش پایداری فیزیکی و حرارتی نمونه‌های شکلات حاوی جایگزین‌های چربی در مقایسه با نمونه شاهد (حاوی کره گیاهی) رامی‌توان به ایجاد درهم تنیدگی‌های مولکولی و اتصالات ایجاد شده توسط صمغ و مالتودکسترن با سایر ترکیبات موجود در فرمولاسیون شکلات صبحانه و همچنین افزایش ویسکوزیته محصول در اثر افزودن جایگزین‌های چربی نسبت داد که بر اساس قانون استوک، جایگزین‌های چربی استفاده شده با به تأخیر انداختن سرعت حرکت قطرات روغن موجود در فاز پراکنده و جلوگیری از به هم چسبیدن قطرات موجب پایداری امولسیون شده‌اند (۲۹). صمغ‌ها نیز با جذب آب موجود در محیط و افزایش غلظت فاز پیوسته موجب کاهش حرکت و بروخد و چسبندگی قطرات شده و درنتیجه سبب ثبات و پایداری امولسیون می‌گردند (۲۸). نتایج این پژوهش با نتایج Mun و همکاران (۲۰۰۹) مبنی بر افزایش پایداری سس مایونز با افزایش میزان صمغ زانتان و آرژینات همسو می‌باشد (۲۹). نقش مؤثر و مثبت کنجاله کنجد و شیر خشک نسبت به کنجاله بادام شیرین در افزایش پایداری فیزیکی و حرارتی نمونه‌های شکلات را نیز می‌توان اینگونه توضیح داد که مولکول‌های پروتئین به علت فعالیت سطحی ذاتی خود قادر به جذب شدن روی سطح قطرات روغن از طریق برهمکنش‌های آبرگزیز بوده و با تشکیل فیلم بین سطحی ضخیم و ویسکوز سبب پایداری امولسیون می‌شوند (۳۰). اما کنجاله بادام از نظر پایداری نسبت به کنجاله کنجد و شیر خشک ضعیفتر عمل کرد که به نظر می‌رسد دلیل این امر با نوع پروتئین‌های موجود در شیر خشک و کنجاله‌ها و همچنین خواص عملکردی آنها مرتبط باشد (۳۱). در همین راسته، He و همکاران (۲۰۲۰) گزارش نمودند که استفاده از کنجاله کنجد چربی‌گیری شده پایداری امولسیون روغن سویا در آب را به طور چشمگیری افزایش داد (۳۲).

شاخص‌های رنگ

یکی از شاخص‌های مهم در پذیرش محصولات غذایی توسط مصرف کنندگان رنگ آن است که اثر مهمی بر روی تصمیم‌گیری مصرف کننده دارد. شاخص^{*} L بیانگر رنگ سفید تا سیاه،^{a*} سبز تا قرمز و^{b*} آبی تا زرد است. میزان روشناهی شکلات به اندازه ذرات، میزان چربی و لیستین آن بستگی دارد

مطالعات متعدد نشان داده است که موادی که ساختار آبدوست دارند توانایی واکنش با آب را داشته و از این طریق سبب کاهش انتشار و پایداری حضور آن در سیستم شده که همین امر در افزایش میزان رطوبت محصول تأثیر بهسزایی خواهد داشت (۲۱). مالتودکسترن و صمغ‌های گوار و زانتان دارای ویژگی آبدوستی هستند و به علت داشتن گروههای هیدروفیلیک نظیر هیدروکسیل و کربوکسیل ظرفیت جذب و نگهداری آب بالایی دارند، در نتیجه حضور آنها در سیستم‌های غذایی موجب افزایش رطوبت محصول می‌گردد (۲۲). باید تذکر داشت که در نمونه‌های شکلات تولیدی با مالتودکسترن و صمغ گوار- زانتان جایگزین شده با چربی، کنجاله کنجد اثر بیشتری در کاهش میزان رطوبت محصول نهایی داشت ($P<0.05$). و در نمونه‌های شکلات تولید شده با کره گیاهی، کنجاله کنجد و شیر خشک نسبت به کنجاله بادام شیرین از نظر کاهش رطوبت مؤثرتر بودند ($P<0.05$). بیشترین میزان رطوبت در نمونه شکلات تولید شده با جایگزینی مالتودکسترن با چربی حاوی شیر خشک مشاهده شد. از آنجایی که شیر خشک در مقایسه با کنجاله‌های روغن کشی شده دارای چربی بیشتری می‌باشد، این میزان چربی باعث ممانعت از خروج رطوبت از بافت محصول شده است و بدین ترتیب نمونه کم کالری حاوی شیر خشک رطوبت بالاتری را نشان داد (۲۳).

نتایج این مطالعه بیانگر افزایش محتوى پروتئين محصول نهایي در اثر استفاده از کنجاله کنجد و بادام شیرین بود که علت آن را می‌توان به وجود مقداری بالاي پروتئين در کنجاله‌ها نسبت داد (۲۰). در همین زمينه نتایج Carvalho و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که اضافه نمودن آرد کنجد به ذرت اکسترود شده افزایش معنی دار پروتئین این فرآورده را به همراه دارد (۲۴). Tavan و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از کنجاله کنجد و پلی‌ساقاریدهای محلول در آب سویا در تولید نان برابري، افزایش میزان پروتئین محصول را مشاهده کردند و بیان داشتند که با افزایش درصد کنجاله کنجد میزان پروتئین نان برابري افزایش یافت (۲۵).

همان‌طور که انتظار می‌رفت استفاده از جایگزین‌های چربی مانند مالتودکسترن و صمغ گوار-زانتان در فرمولاسیون شکلات صبحانه به‌طور قابل توجهی از میزان چربی محصول کاست، که با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت دارد. در همین راسته، Chugh و همکاران (۲۰۱۳) برای تولید بیسکویت‌های کم چرب از جایگزین‌های چربی بر پایه کربوهیدرات (مالتودکسترن و صمغ گوار) استفاده کردند که نتایج آنها حاکی از آن بود که میزان چربی نمونه‌های دارای جایگزین‌های چربی کمتر از نمونه شاهد بود (۲۶). برخلاف نتایج حاصل از این

نگهداری آب فرمولاسیون توسط پروتئین و فیبر کنجاله‌ها و یا شیر خشک در طی زمان نگهداری نسبت داد (۱۷). با توجه به نتایج حاصل از مطالعه حاضر به نظر می‌رسد که تغییر در چسبندگی و سختی نمونه‌های شکلات صبحانه رژیمی به‌دلیل افزایش ویسکوزیته و استحکام مخلوط ناشی از قابلیت جذب رطوبت توسط فیبرهای موجود در کنجاله‌ها باشد (۳۹، ۴۲). به علاوه، تغییر در میزان چسبندگی نمونه‌های شکلات طی دوره نگهداری احتمالاً با تغییر در پایداری امولسیون و حتی pH محصول ارتباط دارد (۱۷). مطالعات متعدد انجام شده نشان داده است که سفتی بافت بستنی کم چرب (۵ درصد چربی) با افزایش اینولین نسبت به نمونه شاهد (حاوی ۱۰ درصد چربی) افزایش یافت (۴۳). نتایج مطالعه Yeganehzad و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که با افزایش جایگزینی پودر شیر خشک با آرد کامل سویا از ۰ تا ۱۰۰ درصد سختی نمونه‌های شکلات افزایش پیدا کرد (۴۴). Pandey and Singh (۲۰۱۱) نیز اذعان داشتند که با جایگزین کردن پودر شیر خشک با آرد سویا از ۲۰ تا ۱۰۰ درصد سختی نمونه‌های شکلات افزایش یافت. آنها علت این امر را تشکیل شبکه پروتئینی از پروتئین‌های آرد سویا و افزایش استحکام نمونه‌ها در اثر تشکیل این شبکه دانستند (۴۵). نتایج مطالعه Hosseini و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که افزودن خمیر کنجاله کنجد سختی شکلات را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد (۴۶).

کیفیت میکروبی

ایمنی میکروبیولوژیکی محصولی مانند شکلات صبحانه عمدهاً با رعایت بهداشت و شیوه‌های مناسب در طول تولید، غلظت بالای قندها و چربی‌ها، فعالیت آبی کم محصول و حفظ صحیح این پارامتر در طول دوره نگهداری در ارتباط است (۴۷). با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق احتمالاً دلیل افزایش بار میکروبی در اثر استفاده از کنجاله‌ها بخصوص کنجاله کنجد، عدم وجود شرایط بهداشتی در هنگام تولید کنجاله‌های کنجد و بادام شیرین در زمان روغن کشی می‌باشد.

ویژگی‌های رئولوژیکی

آزمون نوسانی متداول‌ترین روش برای مطالعه رفتار ویسکوالاستیک مواد غذایی است که از نتایج آن می‌توان برای بررسی ترکیب شیمیایی و ساختار فیزیکی مواد نیز استفاده نمود. پارامترهای مهم حاصل از آزمون‌های نوسانی شامل مدول ذخیره، مدول برشی یا مدول الاستیک (G'), مدول ویسکوز یا مدول افت (Loss modulus) (G'') و تائزانت افت (Loss tangent) (نسبت G''/G') است (۴۸). مهم‌ترین عامل در رابطه با بالاتر بودن مدول الاستیک نسبت به مدول ویسکوز در

(۳۳). تغییرات بیشتر شاخص *L در نمونه‌های شکلات حاوی مالتودکسترن و کنجاله می‌تواند به این دلیل باشد که جایگزین‌های چربی مانند مالتودکسترن به‌دلیل داشتن خاصیت جذب آب بالا باعث کاهش پراکندگی نور و در نتیجه کاهش درخشندگی و تیرگی شکلات می‌شود (۳۴). Raftani و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که غلظت‌های مختلف مالتودکسترن اضافه شده به فرمولاسیون ماست، پارامترهای رنگی (*L و *b) را تحت تأثیر قرار نداد (۳۵). ذکر این نکته الزامی است که احتمالاً رنگ تیره‌تر کنجاله‌ها نسبت به شیر خشک نیز در تیره شدن رنگ محصول نهایی مؤثر بوده است. در این زمینه، Aidoo و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان دادند که اضافه کردن پلی‌ساقاریدها در فرمولاسیون شکلات باعث تقویت فرایند کاراملیزاسیون و مایلارده و در نتیجه افزایش تولید رنگدانه‌های جدید و متعاقباً افزایش تیرگی محصول نهایی می‌گردد (۳۶). Avazsufiyan و همکاران (۲۰۱۴) نیز با بررسی تأثیر افزودن کنجاله بادام شیرین به کیک بدون گلوتن نشان دادند که با افزودن کنجاله بادام از صفر تا ۱۰ درصد شاخص *L کاهش می‌یابد و نمونه‌ها تیره‌تر می‌شوند (۳۷). در مجموع می‌توان گفت که در نمونه‌های شکلات فرموله شده با جایگزین‌های چربی در مقایسه با نمونه‌های تولیدی با کره گیاهی، استفاده از کنجاله‌ها به ویژه کنجاله بادام شیرین موجب ایجاد تغییرات رنگ چشمگیرتری شد. زیرا رنگدانه‌های قهوه‌ای موجود در کنجاله‌ها بخصوص پوست بادام (۳۸)، می‌تواند تأثیر قابل توجهی در افزایش شاخص قرمzi (*a) و در نهایت ایجاد تغییرات رنگ بیشتر در محصول نهایی شود. از طرفی برهمکنش‌های میان جایگزین‌های چربی با سایر ترکیبات فرمولاسیون شکلات و همچنین توانایی آنها در جذب آب بیشتر محصول باعث تغییر رنگ بیشتر محصول می‌گردد.

ویژگی‌های بافتی

بافت از ویژگی‌های مهم حسی ماده غذایی است. بافت و خواص فیزیکی غذا بر طعم آن تأثیر گذار است، چرا که بافت تا حدودی می‌تواند مقدار و سرعتی را که ماده طعمزا به جوانه‌های چشایی می‌رسد کنترل کند (۳۹). با توجه به نتایج این تحقیق بالاتر بودن سفتی نمونه‌های شکلات حاوی جایگزین‌های چربی را می‌توان به کاهش میزان چربی و خاصیت جذب آب بالای جایگزین‌های چربی به کار رفته در فرمول نسبت داد (۴۰). به علاوه هر گونه تغییر در ترکیب فاز چربی در شکلات می‌تواند تغییرات بافتی به همراه داشته باشد (۴۱). لازم به ذکر است که افزایش میزان سختی برخی از نمونه‌های شکلات پس از اتمام دوره نگهداری را می‌توان به پدیده مهاجرت رطوبت و جذب و

جایگزینی مالتودکسترنین با چربی و نمونه‌های فرموله شده با کره گیاهی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر از نظر شمارش کلی میکروب‌ها نداشتند و از لحاظ کیفیت میکروبی نسبت به نمونه‌های فرموله شده با گوار- زانتان ارجح بودند. از نظر رئولوژیکی، نمونه‌های حاوی مالتودکسترنین و گوار-زانتان، رفتاری مشابه با نمونه شاهد را دارا بودند. استفاده از کنجاله بادام شیرین به عنوان عامل بافت دهنده نسبت به کنجاله کنجد و شیر خشک میزان کالری و چربی کمتری را در محصول ایجاد کرد اما هر دو کنجاله سبب افزایش محتوی پروتئین و بهبود پایداری محصول نهایی شدند. کنجاله‌های مورد استفاده در این تحقیق تأثیر چندانی بر روی میزان سفتی شکلات صبحانه رژیمی نگذاشتند. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از جایگزین‌های چربی و شیر خشک اثر مطلوبی بر خواص فیزیکوشیمیایی شکلات صبحانه رژیمی داشت، اما از نقطه نظر کیفیت میکروبی کنجاله بادام شیرین نسبت به کنجاله کنجد، و مالتودکسترنین نسبت به صمغ گوار- زانتان موفق‌تر عمل کرد.

• References

- Ali AM, Shekib LA, Elshimy NM, Sharara MS. Producing and Quality Attributes of Low Calories Dark Chocolate Using Different Intense sweeteners and Wheat Fiber Isolate. Am J Food Sci Technol 2021;9(1):1-7.
- Selvasekaran P, Chidambaram R. Advances in formulation for the production of low-fat, fat-free, low-sugar, and sugar-free chocolates: An overview of the past decade. Trends Food Sci Technol 2021;113:315-34.
- Sania MA, Shenana ME, El.Nagar GF, Abd Elatif RG. Improving the Quality of Low-Fat Ice Cream Using Some Fat Replacers. 5th International Conference on Biotechnology Applications in Agriculture (ICBAA). 2021; Benha University, Egypt.
- Ismail AH, Wongsakul S, Ismail-Fitry MR, Rozzamri A, Yusoff MM. Physical Properties and Sensory Acceptance of Red Palm Olein-Based Low-Fat Ice Cream Added with Guar Gum and Xanthan Gum as Stabilizers. Food Res 2020;4(6):2073-81.
- Hatami-Takami SZ. Modified milk powder: production and investigation of flavored low lactose milk powder. Food Sci Technol 2017; 15(79):333-343.
- Prakash K, Naik SN, Vadivel D, Hariprasad P, Gandhi D, Saravanadevi S. Utilization of defatted sesame cake in enhancing the nutritional and functional characteristics of biscuits. J Food Process Preserv 2018;42(9):e13751.
- Karshenas M, Goli M, Zamindar N. The effect of replacing egg yolk with sesame-peanut defatted meal milk on the physicochemical, colorimetry, and rheological properties of low-cholesterol mayonnaise. Food sci 2018;6(4):824-33.
- Emami N, Nateghi L, Eshaghi, MR. The study of the effect of sucrose replacement by sucralose- isomalt mixture on the qualitative characteristics of kermanshah's traditional baklava.J Food Res2020; 29(4):71-88 [in persian].
- AOAC. Official Methods of Analysis of the AOAC (Association of Official Analytical Chemists) International, G. W. Latimer and W. Horwitz (Eds.), 18th ed, in Cacao Products Preparation of Laboratory Sample Procedure method 970.20, 2005; Gaithersburg, MD.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Chocolate - Specifications and test methods. ISIRI no 608. 7st Revision, ISIRI: 2017.
- Manzocco L, Calligaris S, Camerin M, Pizzale L, Nicoli MC. Prediction of firmness and physical stability of low-fat chocolate spreads. J Food Engin 2014;126:120-5.
- Torbica A, Jambrec D, Tomić J, Pajin B, Petrović J, Kravić S, Lončarević I. Solid fat content, pre-crystallization conditions, and sensory quality of chocolate with addition of cocoa butter analogues. Int J Food Prop 2016;19(5):1029-43.
- Aribah SA, Sanjaya AP, Muhammad DR, Aji Praseptiangga D. Sensorial and Physical Properties of Chocolate Beverage Prepared using Low Fat Cocoa Powder. 2nd International Conference and Exhibition on Powder Technology (ICePTi); 2020.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Microbioligy of food and animal feeding stuffs - enumeration of Yeast and mould-Colony count techni in products with water activity Less than or equal to 0/60. ISIRI no 10899-3. 1st Revision, ISIRI: 2013.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Microbiology of the food chain—Horizontal method for the enumeration of microorganisms- Part 2 :Colony

نمونه‌های بدون چربی (کره گیاهی)، حضور صمغ‌ها و مالتودکسترنین در امولسیون می‌باشد که با ایجاد ساختار ویسکوالاستیک به وسیله تشکیل توده‌های بزرگ این امر را موجب می‌شوند و نتایجی مشابه با نمونه شاهد را ایجاد کرده اند (۴۹). لازم به ذکر است که بالاتر بودن مدول ذخیره نمونه‌های شکلات در ناحیه خطی ویسکوالاستیک نشان دهنده الاستیسته بیشتر آنها و همچنین قدرت ساختار و قابلیت حفظ شکل بالای شکلات صبحانه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از جایگزین‌های چربی سبب بهتر شدن شاخص‌های کالری و چربی شکلات صبحانه گردید، و مالتودکسترنین نسبت به گوار-زانتان اثر بهتری در جهت کاهش کالری و چربی داشت. همچنین مالتودکسترنین و صمغ گوار- زانتان هر دو سبب افزایش پایداری فیزیکی و حرارتی نمونه‌های شکلات صبحانه شدند و با یکدیگر تفاوت معنی‌داری از این نظر نداشتند. نمونه‌های شکلات تولیدی با

- count at 30 °C by the surface plating technique. ISIRI no 5272-2, 1st Revision, ISIRI: 2015.
16. Konar N, Özhan B, Artik N, Dalabasmaz S, Poyrazoglu ES. Rheological and physical properties of inulin-containing milk chocolate prepared at different process conditions. *CyTA-J Food* 2014;12(1):55-64.
 17. Yadav P, Pandey JP, Garg SK. Biochemical changes during storage of chocolate. *IntRes J Biochem Bioinforma* 2011;1(10):242-247.
 18. Mohammadi A, Asadolahi S, Eshaghi MR. Effects of replacing sucrose and fat with date powder and soy flour on physical and chemical properties of dark low-calorie chocolate. *J food sci technol* 2018; 5(78):311-319.
 19. Khoshkish M, Gharachorlo M, Yeganehzad S. Using of bamboo fiber as a fat substitute in breakfast chocolate (chocolate cream) and the study of its sensory, tissue and physicochemical characteristics. *Food Engin Res* 2021.
 20. Dernekbası S, Karayücel I, Akyüz AP. Evaluation of sesame (*Sesamum indicum*) seed meal as a replacer for soybean meal in the diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). *Ege J Fish Aquat Sci* 2017;34(1):31-39.
 21. Movahhed S, Kakaei E, Ahmadi Chenarbon H. Effect of hydroxyl propyle methyl cellulose gum on organoleptic properties and staling rate of gluten free baguette. *Ann Biol Res* 2013; 4(3):26-90.
 22. Zheng M, Jin Z, Zhang Y. Effect of cross-linking and esterification on hygroscopicity and surface activity of cassava maltodextrins. *Food Chem* 2007; 103(4):1375-1379.
 23. Liang B, Hartel RW. Effects of Milk Powders in Milk Chocolate. *J Dairy Sci* 2004; 87(1):20-31.
 24. Carvalho CW P, Takeiti CY, Freitas DDGC, Ascheri JLR. Use of sesame oil cake (*Sesamum indicum* L.) on corn expanded extrudates. *Food Res Int* 2012;45(1):434-443.
 25. Tavan Z, Hojjati M, Nasehi B, Jooyandeh H. Effect of sesame meal and soluble soybean polysaccharide on properties of Barbary bread. *Iran J Biosyst Engin* 2017;48(2):333-342 [in persian].
 26. Chugh B, Singh G, Kumbhar BK. Development of Low-Fat Soft Dough Biscuits Using Carbohydrate-Based Fat Replacers. *Int J Food Sci* 2013;(3):1-12.
 27. Abdolnabipour E, Nasehi B, Hojjati M. Investigation of cupcakes properties containing sesame meal flour and soluble soybean polysaccharide. *J Food Res* 2019;29(2):169-80.
 28. Quintana-Martinez S, Morales-Cano A, García-Zapateiro L. Rheological Behaviour in the Interaction of Lecithin and Guar Gum for Oil-in-Water Emulsions. *Czech J Food Sci* 2018;36(1):73-80.
 29. Mun S, Kim Y, Kang C, Park K, Shim J, Kim Y. Development of reduced-fat mayonnaise using 4-GTase-modified rice starch and xanthan gum. *Int J Biol Macromol* 2009; 44(5):400-407.
 30. McClements DJ. Protein-stabilized emulsions. *Curr Opin Colloid Interface Sci* 2004;9(5):305-313.
 31. Isnaini L, Estiasih T, Suseno SH, Lestari LA. The role of vegetable proteins to stabilize emulsion: a mini review. *International Conference on Green Agro-industry and Bioeconomy. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021; Malang, Indonesia.
 32. He L, Peng H, Wei X, Li B, Tian J. Preparation and characterization of emulsions stabilized with defatted sesame meal. *Food Sci Technol Res* 2020; 26(5):655-63
 33. Afoakwa EO, Paterson A, Fowler M, Vieira J. Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. *J Food Engin* 2008;87(2):181-90.
 34. Shourideh M, Taslimi A, Azizi MH, Mohammadifar MA. Effects of D-Tagatose and inulin on some physicochemical, rheological and sensory properties of dark chocolate. *Int J Biosci, Biochem Bioinforma* 2012;2(5):314-9.
 35. Raftani Amiri Z, Mahmudi MJ, Malimi M. Effect of maltodextrin as a fat replacer on the quality of non-fat yogurt. *J Food Res* 2013; 23(1):134-142 [in persian].
 36. Aidoo RP, Afoakwa EO, Dewettinck K. Rheological properties, melting behaviours and physical quality characteristics of sugar-free chocolates processed using inulin/polydextrose bulking mixtures sweetened with stevia and thaumatin extracts. *LWT-Food Sci Technol* 2015;62(1):592-7.
 37. Avazsufiyan A, Aalami M, Mahoonak AR, Ghorbani M, Ziaifar AM. Application of sweet almond meal and xanthan gum in the production of gluten-free cake. *J Res Innov Food Sci Technol* 2014;3(2):185-196 [in persian].
 38. Yağcı S, Göğüş F. Selected physical properties of expanded extrudates from the blends of hazelnut flour-durum clear flour-rice. *Int J Food Prop* 2009;12(2):405-413.
 39. Amir IZ, Sharon WXR, Syafiq A. D-Optimal mixture design on melting and textural properties of dark chocolate as affected by cocoa butter substitution with Xanthan gum/Guar gum blends. *Int Food Res* 2013; 20(4):1991-1995.
 40. Morris C, Morris GA. The effect of Inulin and fructo oligosaccharide supplementation on textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: A review. *Food chem* 2012; 133(2):237-248.
 41. Sowmya M, Jeyarani T, Jyotsna R, Indrani D. Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological and microstructural quality characteristics and fatty acid profile of cakes. *Food Hydrocoll* 2009; 23:1827-1836.
 42. van de Velde F, de HoogEls HA, OosterveldA, Tromp RH. Protein-polysaccharide interactions to alter texture. *Annu Rev Food Sci Technol* 2015; 6:371-88.
 43. Nagar G, Clowes G, Tudorica C, Kuri V, Brennan C. Rheological quality and stability of yoghurt-ice cream with added inulin. *Int J Dairy Technol* 2002;55(2):89-93.
 44. Yeganehzad S, Mazaheri Tehrani M, Baratian Ghorghi Z. Impact of the replacement of milk powder by soy flour on chemical properties, texture, particle size distribution and whiteness index of chocolate product. *J Res Innov Food Sci Technol* 2015; 4(2):173-182 [in persian].
 45. Pandey A, Singh G. Development and storage study of reduced sugar soy containing compound chocolate. *J Food Sci Technol* 2011; 48(1):76-82.

46. Hosseini AF, Mazaheri-Tehrani M, Yeganehzad S, Razavi SMA. Providing new formulation for white compound chocolate based on mixture of soy flour, sesame paste, and emulsifier: An optimization study using response surface methodology. *Food Sci Nutr* 2020; 9:1432-1440.
47. Zy'zelewicz D, Nebesny E, Motyl I, Libudzisz Z. Effect of milk chocolate supplementation with lyophilised Lactobacillus cells on its attributes. *Czech J Food Sci* 2010; 28(5):392-406.
48. Ackar D, Skrabal S, Subasic D, Babic J, Milicevic B, Jozinovic A. Rheological Properties of Milk Chocolates as Influenced by Milk Powder Type, Emulsifier, and Cocoa Butter Equivalent Additions. *Int J Food Prop* 2015; 18:1568-1574.
49. Ma L, Barbosa-Canovas GV. Rheological characterization of mayonnaise. Part II: Flow and viscoelastic properties at different oil and xanthan gum concentrations. *J Food Engin* 1995;25(3):409-425.

Diet Breakfast-chocolate Production using Fat Substitutes with Maltodextrin and Guar-xanthan and Complete Replacing Milk Powder with Sweet Almond-sesame Meal

Soltani M¹, Goli M^{*2}, Jahadi M³

1- MS. Graduated, Department of Food Science and Technology, Isfahan(Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

2- *Corresponding author: Associate professor, Department of Food Science and Technology & Laser and Biophotonics in Biotechnologies Research Center, Isfahan(Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. Email: m.goli@khuisf.ac.ir

3- Associate professor, Department of Food Science and Technology, Isfahan(Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Received 1 Sep, 2022

Accepted 5 Dec, 2022

Background and Objectives: Breakfast-chocolate is high in fat and calorie; hence, its consumption is limited for people suffering from certain diseases such as obesity and diabetes. Therefore, replacement of fat and milk powder with compounds based on carbohydrate and protein with low digestibility can decrease calories of this product and made it consumable for patients with lactose intolerance.

Materials and methods: Therapeutic diet breakfast-chocolate was produced by replacing maltodextrin and guar-xanthan gum with cocoa butter at 0–100% levels and replacing sesame and sweet almond meals with milk powder at 0–100% levels. Then, physicochemical, textural, rheological and microbiological characteristics of this product were compared with those of the control sample (containing cocoa butter and milk powder) during 60 d of storage using SPSS Software.

Results: Results showed that maltodextrin and guar-xanthan replacement included significant effects ($p < 0.05$) on decreasing calories and fat content of diet breakfast-chocolate. Complete replacement of sesame and sweet almond meals with milk powder caused significant increases ($p < 0.05$) in the protein content of the final product. All samples of diet breakfast-chocolate on the Day 1 of production and Day 60 after storage included higher elastic modulus (G') values than the viscous modulus (G'') within the temperature range with no significant differences, compared to the control sample.

Conclusions: Results of this study verified effectiveness of using fat substitutes such as maltodextrin and guar-xanthan gum and sesame and sweet almond meals as substitutes for milk powder in production of therapeutic diet breakfast-chocolate with similar qualities as commercial samples.

Keywords: Breakfast-chocolate, Low-calorie, Physicochemical characteristics, Hardness, Rheology