مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هفدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، صفحات ۶۱-۴۵

تولید شکلات صبحانه رژیمی با استفاده از جایگزین‌های چربی مالتودکسترین 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 (خوراسگان)، 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 (خوراسگان)، اصفهان، ایران. پست الکترونیکی: m.goli@khuisf.ac.ir

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۱۴

چکیده

سابقه و هدف: شکلات صبحانه 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 صبحانه با کمک جایگزینی مالتودکسترین و صمغ گوار- زانتان با کره گیاهی در سطوح ۱۰۰-۰ درصد و جایگزینی کنجاله‌های کنجد و بادام شیرین با شیر خشک در سطوح ۱۰۰-۰ 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 SPSSمورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد جایگزینی مالتودکسترین و گوار- زانتان اثر معنی‌داری ($P<۰/۰۵$)، روی کاهش میزان کالری و چربی شکلات صبحانه رژیمی درمانی داشت. جایگزینی کامل کنجاله‌های کنجد و بادام زمینی با شیر خشک باعث افزایش معنی‌دار ($P<۰/۰۵$)، محتوی پروتئین محصول نهایی شد. تمامی نمونه‌های شکلات صبحانه 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 مالتودکسترین و صمغ گوار-زانتان و کنجاله‌های کنجد و بادام شیرین به عنوان جایگزین شیر خشک در تولید شکلات صبحانه رژیمی درمانی با کیفیت مشابه به نمونه‌های تجاری را اثبات کرد.

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

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

• مقدمه

در سال‌های اخیر به‌دلیل افزایش آگاهی‌های تغذیه‌ای و تغییر نگرش مردم در جوامع مختلف، غذاهایی که سلامتی را ارتقاء داده و خطر ابتلا به بیماری‌ها را کاهش دهند، 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- عروقی و یا افراد چاق، حذف چربی، پروتئین و کربوهیدارت‌ها و جایگزین کردن آنها با ترکیبات طبیعی یا سنتزی کم کالری می‌باشد (۱).

شکلات صبحانه نوعی سیستم کلوئیدی است که در آن فاز مایع را کره کاکائو و فاز پراکنده را ذرات پودر کاکائو و شکر تشکیل می‌دهند. شکلات صبحانه 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

سنی است. به علاوه شکلات به عنوان یک خوراکی خوشمزه یکی از منابع 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 کربوهیدرات محصولات غذایی مورد بررسی قرار می‌گیرد (۲). در این تحقیق از مالتودکسترین 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 مالتودکسترین، اینولین، پکتین و انواع هیدروکلوئیدها که با تقلید 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. مالتودکسترین یکی از شناخته شده‌ترین جایگزین‌های چربی در دهه‌های اخیر بوده که از هیدرولیز نسبی آنزیمی یا شیمیایی نشاسته به‌دست می‌آید. مالتودکسترین پلیمر ساکاریدی غیر شیرین و مغذی با واحدهای D- گلوکز که با پیوندهای آلفا ۴-۱ بهم متصل شده‌اند می‌باشد. مالتودکسترین 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 مالتودکسترین 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. مالتودکسترین اگر به‌صورت خالص استفاده شود، ۴Kcal/g انرژی در مقایسه با ۹ Kcal/g انرژی چربی تولید خواهد کرد. لذا علاوه بر ایجاد احساس دهانی چرب، باعث کاهش کالری‌زایی محصول خواهد شد. مالتودکسترین به عنوان جایگزین چربی در انواع محصولات لبنی و قنادی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳).

صمغ گوار از دانه گیاه *Cyamopsis tetragonolobus* به‌دست می‌آید. صمغ گوار در دسته پلی‌ساکاریدها و خانواده گالاکتومانان‌ها طبقه بندی شده است. ساختار اصلی گالاکتومانان، زنجیره‌های خطی از واحدهای D- مانوپیرانوز (Mannopyranose) با اتصالات گلوکوزیدی (۴←۱) β می‌باشد که واحدهای منفرد D- گالاکتوپیرانوز (Galactopyranose) با پیوندهای (۶←۱) α، به‌صورت یکی در میان به واحدهای مانوز زنجیره اصلی چسبیده‌اند. این ترکیب در صمغ گوار دارای وزن مولکولی ۲۲۰۰۰۰ می‌باشد. محتوی گالاکتوز در صمغ گوار ۴۰-۳۳ درصد وزنی بوده و ساختار این گالاکتومانان با توجه به توزیع واحدهای گالاکتوز می‌تواند کاملا نا منظم باشد. زنجیره اصلی صمغ گوار از نظر ساختاری مشابه سلولز و صمغ دانه خرنوب است. صمغ گوار در مواد غذایی مختلف به عنوان بافت دهنده، قوام دهنده، پایدار کننده، دیسپرس کننده و ایجاد احساس دهانی مشابه با چربی به‌کار می‌رود (۴).

صمغ زانتان بیوپلیمری با ساختار پیچیده است که توسط گروهی از باکتری‌های میکروبی و به ویژه از *زانتوموناس کامپستریس* (*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. به‌طوریکه 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. تقریبا ۵۰٪ از باقی مانده‌های مانوز انتهایی با پیروات استری شده‌اند، در حالیکه باقی مانده غیر انتهایی مانوز، معمولا 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 انداختن خامه‌ای شدن قطرات روغن در امولسیون کاربرد گسترده‌ای در صنعت غذا به عنوان افزودنی غذایی، اصلاح کننده خواص وابسته به زمان در تغلیظ مواد غذایی (انواع سس‌های سالاد)، پایدار کننده و جایگزین چربی دارد (۴).

عدم تحمل لاکتوز مشکل شایعی می‌باشد که در بعضی از جمعیت‌های 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 گالاکتوز 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 به‌صورت دست نخورده وارد روده بزرگ می‌شود و تحت میکروارگانیسم‌های روده‌ای تخمیر شده و در نهایت سبب بروز عوارض و علایم ناخوشایندی برای مصرف کننده می‌شود (۵). از این‌رو به‌نظر می‌رسد که بتوان از کنجاله کنجد و بادام شیرین که منبع غنی از پروتئین و فیبر هستند (۶)، به عنوان جایگزین شیر خشک در فرمولاسیون 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.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

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 مالتودکسترین 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 (۲۲٪)، پودر کاکائو (۱۰٪)، شکر (۴۰٪)، پودر فندق (۱۹٪)، لیستین (۱٪) و شیر خشک (۸٪) بود که از شرکت سلامت گستران آرایان (فرامنش) فراهم شد. مالتودکسترین 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 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 آنها آب اضافه و pH با اسید نیتریک روی ۸/۵ تنظیم شد. پس از گذشت ۳۰ دقیقه pH با استفاده از اسید سیتریک ۰/۵ نرمال به ۷/۳ رسانده شد. در نهایت، مخلوط حاصل صاف و تفاله‌های به‌دست 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 مالتودکسترین 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 (۴۰٪)، کره کاکائو (۲۲٪)، 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 درب‌بندی شد و تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای محیط نگهداری شدند.

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

نمونه‌ها	کره گیاهی	مالتودکسترین	گوار- زانتان (۵۰:۵۰)	شیر خشک	کنجاله کنجد	کنجاله بادام شیرین
مالتودکسترین- کنجاله کنجد (M-SM)	۰	۱۰۰	۰	۰	۱۰۰	۰
مالتودکسترین- کنجاله بادام شیرین(M-SAM)	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰
مالتودکسترین- شیر خشک (M-MP)	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۰	۰
گوار- زانتان- کنجاله کنجد (GX-SM)	۰	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۰
گوار- زانتان- کنجاله بادام شیرین (GX-SAM)	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۱۰۰
گوار- زانتان- شیرخشک (GX-MP)	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰
کره گیاهی- کنجاله کنجد (V-SM)	۱۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰
کره گیاهی- کنجاله بادام شیرین (V-SAM)	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰
کره گیاهی- شیر خشک(V-MP)	۱۰۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰

* ابتدا محلول‌هایی با صمغ گوار و زانتان و مالتودکسترین با درصدهای مختلف تهیه گردید، به‌طوریکه ویسکوزیته محلول صمغی معادل کره گیاهی (۱۸ سانتی پویز) گردد.

مالتودکسترین-کنجاله کنجد(M-SM)، مالتودکسترین- کنجاله بادام شیرین(M-SAM)، مالتودکسترین- شیر خشک (M-MP)، گوار- زانتان- کنجاله کنجد(GX-SM)، گوار- زانتان- کنجاله بادام شیرین(GX-SAM)، گوار- زانتان- شیرخشک (GX-MP)، کره گیاهی- کنجاله کنجد (V-SM)، کره گیاهی- کنجاله بادام شیرین (V-SAM)، کره گیاهی- شیر خشک(V-MP).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

بررسی میزان کالری

ارزیابی کالری نمونه‌های شکلات به وسیله بمب کالری‌متر (Gallenkamp Ballistic, UK) انجا 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).

$$E = \frac{466.54\times(D-0.1)}{C}$$ رابطه (۱)

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 بنزوییک 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 ۶۰۸ 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).

$$\text{پایداری} = \frac{\text{وزن رسوب سانتریفیوژ}}{\text{وزن اولیه نمونه}} \times 100$$ رابطه(۲)

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 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 صبحانه 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 Image Jو 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 ۵-۴ روز مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۱۰۸۹۹و ۲-۵۲۷۲ انجام گرفت (۱۴-۱۵).

ویژگی‌های رئولوژیکی

برای بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی از دستگاه رئومتر UDS200 (Phisica Germany Messtechnik 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} ۰/۰۱ تا S^{-1} ۵۰ و S^{-1} ۵۰ تا S^{-1} ۰/۰۱ هر کدام در مدت ۳ دقیقه اندازه‌گیری شد (۱۶).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار و در قالب طرح کاملا تصادفی مورد بررسی قرار گرفتند. برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) در سطح اطمینان ۹۵درصد ($P<$۰/۰۵)، و برای تعیین تفاوت میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSSv.9 و رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel2007 انجام گرفت. آزمون‌های کالری‌سنجی، میزان پروتئین، چربی و خاکستر در روز پس از تولید و تعیین محتوی رطوبت، ویژگی‌های بافتی، رئولوژیکی، میکروبی، رنگ‌سنجی و پایداری فیزیکی و حرارتی در روز پس از تولید و ۶۰ روز پس از تولید مورد ارزیابی قرار گرفت.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

• یافته‌ها

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

بر اساس نتایج به‌دست 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 مالتودکسترین و صمغ‌های گوار و زانتان به جای کره گیاهی، منجر به افزایش محتوی رطوبتی نمونه‌های شکلات صبحانه گردید ($P<۰/۰۵$).

در میان عوامل بافت دهنده به‌کار 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 صبحانه رژیمی داشتند ($P<۰/۰۵$).

همان‌طور که انتظار می‌رفت و مطابق با نتایج به‌دست آمده از جدول ۲، نمونه‌های شکلات تولید شده با کره گیاهی به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$)، چربی بالاتری داشتند، و میزان چربی در نمونه‌های شکلات تولیدی با جایگزینی مالتودکسترین با چربی در مقایسه با نمونه‌های شکلات تولید شده با جایگزینی صمغ گوار- زانتان با چربی و نمونه‌های فرموله شده با کره گیاهی به‌طور معنی‌داری کمتر بود ($P<۰/۰۵$). بر اساس نتایج به‌دست 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 ($P>۰/۰۵$).

همان‌طور که ملاحظه می‌شود پایداری فیزیکی و حرارتی نمونه‌های شکلات تولید شده با جایگزینی مالتودکسترین و صمغ گوار- زانتان با چربی نسبت به نمونه‌های شکلات تولید شده با کره گیاهی بالاتر بود ($P<۰/۰۵$). لازم به ذکر است که در نمونه‌های تولید شده با کره گیاهی، نمونه‌های حاوی کنجاله کنجد و شیر خشک پایداری فیزیکی بالاتری نسبت به نمونه حاوی کنجاله بادام شیرین نشان دادند ($P<۰/۰۵$).

شاخص‌های رنگ

نتایج حاصل از جدول ۳ نشان داد که تفاوت معنی‌داری میان شاخص L*نمونه‌های شکلات تولیدی با کره گیاهی و جایگزینی صمغ گوار- زانتان با چربی حاوی انواع مختلف عوامل بافت دهنده وجود نداشت ($P>۰/۰۵$). باید اشاره داشت که در نمونه‌های شکلات رژیمی فرموله شده با کره گیاهی و جایگزینی صمغ گوار- زانتان با چربی، استفاده از کنجاله کنجد اثر چشمگیرتری در کاهش اندیس سفیدی محصول نهایی داشت. درحالی که در نمونه‌های شکلات تولیدی با مالتودکسترین، کنجاله بادام شیرین از جهت کاهش اندیس سفیدی محصول مؤثرتر ارزیابی شد ($P<۰/۰۵$). طبق نتایج جدول ۲ تفاوت معنی‌داری بین شدت رنگ نمونه‌های شکلات رژیمی تولیدی با عوامل جایگزین چربی و کره گیاهی حاوی عوامل مختلف بافت دهنده مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). زاویه رنگ تیمارهای مختلف در محدوده ۳۰ تا ۳۴۵ درجه متغیر بود. مطابق با نتایج به‌دست آمده از جدول ۳، بیشترین تغییرات کلی رنگ مربوط به نمونه شکلات تولیدی با جایگزینی مالتودکسترین با چربی حاوی کنجاله بادام شیرین و کمترین تغییرات کلی رنگ مربوط به نمونه شکلات با جایگزینی صمغ گوار- زانتان با چربی حاوی شیر خشک بود.

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین اثر جایگزینی مالتودکسترین و گوار-زانتان با چربی و کنجاله کنجد و بادام شیرین با شیر خشک بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های شکلات صبحانه 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}	۵.۵۰±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}	۱۴.۰۰±۰.۱۰^{a}	۲.۵۱±۲.۱۷^{a}	۹۶.۳۹±۰.۴۴^{ab}	۹۷.۴۵±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}	۲۲.۶۶±۰.۹۷^{e}	۵.۶۰±۰.۰۶^{h}	۱۲.۷۰±۰.۰۲^{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 ($P>۰/۰۵$).
مالتودکسترین-کنجاله کنجد(M-SM)، مالتودکسترین- کنجاله بادام شیرین(M-SAM)، مالتودکسترین- شیر خشک (M-MP)، گوار- زانتان- کنجاله کنجد(GX-SM)، گوار- زانتان- کنجاله بادام شیرین(GX-SAM)، گوار- زانتان- شیرخشک (GX-MP)، کره گیاهی- کنجاله کنجد (V-SM)، کره گیاهی- کنجاله بادام شیرین (V-SAM)، کره گیاهی- شیر خشک (V-MP).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین اثر جایگزینی مالتودکسترین 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	کروما	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^{bc}	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±۰.۵۲^{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	۵.۸۷±۲.۳۰^{cd}	۰.۷۷±۰.۰۹۴^{abc}	۰.۷۰±۰.۴۵^{a}	۵.۸۶±۲.۲۹^{cd}	۱.۱۷±۰.۸۱^{a}	۴۵.۸۵±۳۴.۵۹^{b}	۵.۳۶±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}	۱.۰۴±۰.۳۵^{a}	۱۵۱.۱۶±۱۷۵.۶۱^{ab}	۲.۲۴±۰.۷۳^{cd}
V-SM	۷.۵۲±۰.۴۲^{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^{bcd}
V-SAM	۸.۴۴±۲.۴۳^{abc}	۱.۲۰±۰.۹۸^{ab}	۰.۸۴±۰.۵۶^{a}	۸.۴۲±۲.۴۴^{abc}	۱.۶۲±۰.۷۴^{a}	۳۷.۴۲±۳۴.۰۳^{b}	۳.۳۲±۲.۱۳^{bcd}
V-MP	۱۰.۷۸±۲.۰۲^{a}	-۰.۰۳±۰.۳۲^{c}	-۰.۶۷±۰.۷۷^{ab}	۱۰.۷۷±۲.۰۳^{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 ($P>۰/۰۵$). مالتودکسترین-کنجاله کنجد(M-SM)، مالتودکسترین- کنجاله بادام شیرین(M-SAM)، مالتودکسترین- شیر خشک (M-MP)، گوار- زانتان- کنجاله کنجد(GX-SM)، گوار- زانتان- کنجاله بادام شیرین(GX-SAM)، گوار- زانتان- شیرخشک (GX-MP)، کره گیاهی- کنجاله کنجد (V-SM)، کره گیاهی- کنجاله بادام شیرین (V-SAM)، کره گیاهی- شیر خشک(V-MP).

ویژگی‌های بافتی

بر اساس نتایج به‌دست آمده از جدول ۴ تنها نمونه شکلات تولیدی با جایگزینی مالتودکسترین با چربی حاوی شیر خشک و نمونه‌ی شکلات تولید شده با جایگزینی صمغ گوار- زانتان با چربی حاوی کنجاله بادام شیرین تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$)، 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 نهایی شد ($P<۰/۰۵$). بیشترین میزان سختی و چسبندگی مربوط به نمونه شکلات تولید شده با جایگزینی مالتودکسترین با چربی حاوی شیر خشک بود ($P<۰/۰۵$). همانگونه که نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد در نمونه‌های شکلات تولید شده با مالتودکسترین و کره گیاهی نوع عامل بافت دهنده تأثیری بر نیروی چسبندگی نداشت ($P>۰/۰۵$)، اما در نمونه‌های شکلات فرموله شده با صمغ گوار- زانتان، کنجاله بادام شیرین نسبت به کنجاله کنجد اثر بیشتری در افزایش نیروی چسبندگی داشت ($P<۰/۰۵$).

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین اثر جایگزینی مالتودکسترین 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}	۵.۵۱±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±۲.۰۱^{c}	۰.۰۵±۰.۰۴^{c}	۲.۲۶±۱.۵۶^{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 ($P>۰/۰۵$). مالتودکسترین-کنجاله کنجد(M-SM)، مالتودکسترین- کنجاله بادام شیرین(M-SAM)، مالتودکسترین- شیر خشک (M-MP)، گوار- زانتان- کنجاله کنجد(GX-SM)، گوار- زانتان- کنجاله بادام شیرین(GX-SAM)، گوار- زانتان- شیرخشک (GX-MP)، کره گیاهی- کنجاله کنجد (V-SM)، کره گیاهی- کنجاله بادام شیرین (V-SAM)، کره گیاهی- شیر خشک(V-MP).

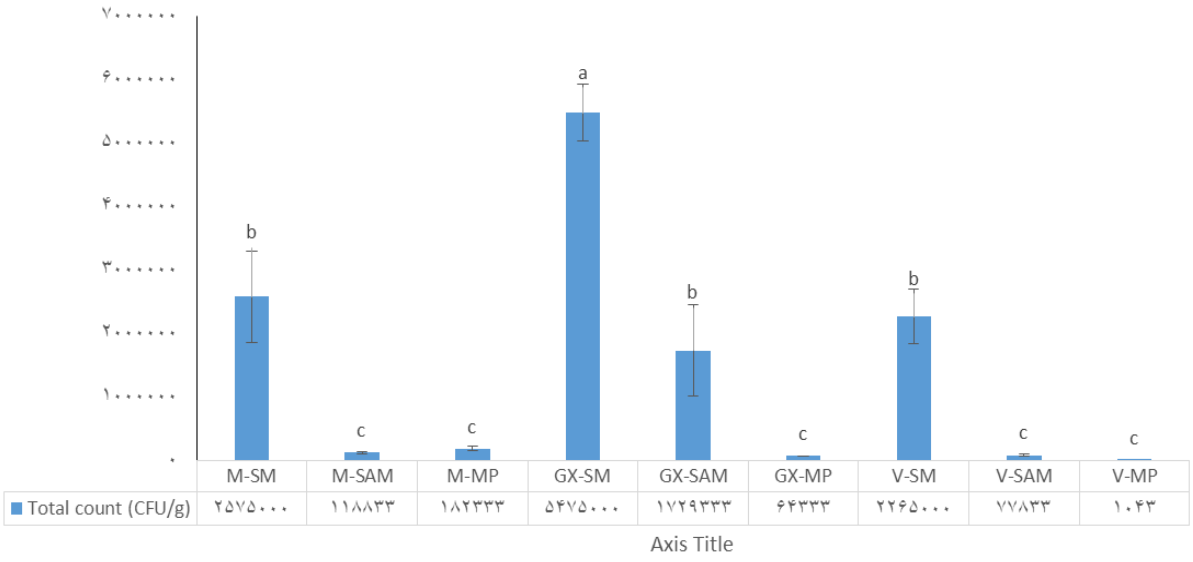
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

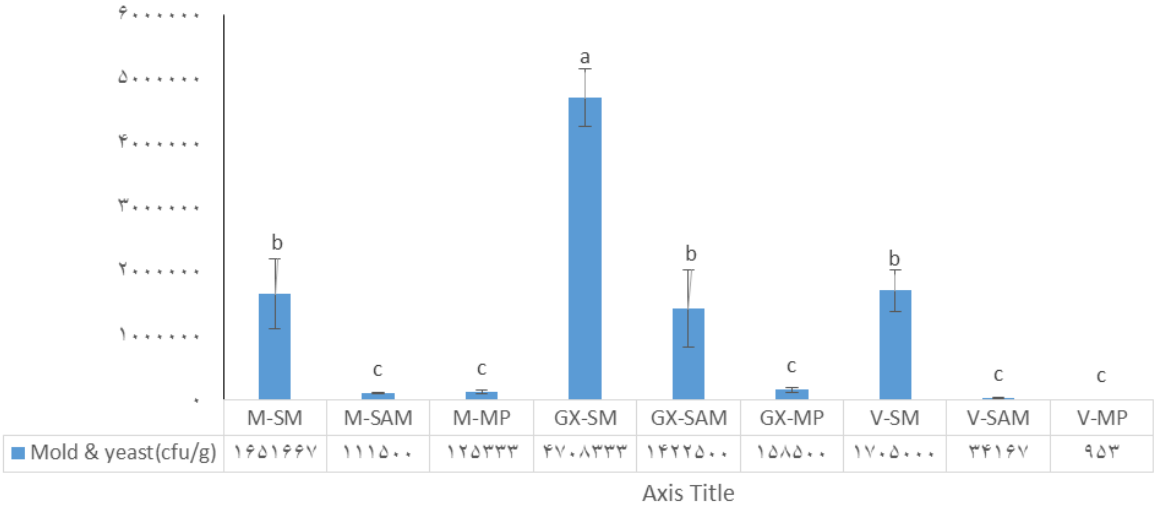
کیفیت میکروبی

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شودتفاوت معنی‌داری میان شمارش کلی باکتری‌ها و کپک و مخمرها در نمونه‌های شکلات تولیدی با جایگزینی مالتودکسترین با چربی و نمونه‌های فرموله شده با کره گیاهی وجود نداشت ($P>۰/۰۵$). در نمونه‌های شکلات تولیدی با مالتودکسترین و کره گیاهی حاوی کنجاله بادام شیرین و شیر خشک شمارش کلی میکروب‌ها و کپک و مخمرها به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$)، کمتر از نمونه‌های شکلات حاوی کنجاله کنجد بود. باید اشاره داشت که در نمونه‌های شکلات تولیدی با جایگزینی صمغ گوار- زانتان 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 شکلات تولیدی با جایگزینی صمغ گوار- زانتان با چربی حاوی کنجاله کنجد تعلق داشت ($P<۰/۰۵$).

(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 ($P>۰/۰۵$) در کیفیت میکروبی شکلات صبحانه رژیمی ندارند. مالتودکسترین-کنجاله کنجد(M-SM)، مالتودکسترین- کنجاله بادام شیرین(M-SAM)، مالتودکسترین- شیر خشک (M-MP)، گوار- زانتان- کنجاله کنجد(GX-SM)، گوار- زانتان- کنجاله بادام شیرین(GX-SAM)، گوار- زانتان- شیرخشک (GX-MP)، کره گیاهی- کنجاله کنجد (V-SM)، کره گیاهی- کنجاله بادام شیرین (V-SAM)، کره گیاهی- شیر خشک (V-MP).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

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 مالتودکسترین و صمغ گوار- زانتان حاوی انواع مختلف بافت دهنده‌ها داشتند ($P<۰/۰۵$).تنها در نمونه حاوی کنجاله بادام شیرین رطوبت پس از پایان دوره نگهداری (روز شصتم) نسبت به روز اول تولید کاهش یافت ($P<۰/۰۵$). بیشترین میزان رطوبت مربوط به نمونه شکلات تولیدی با جایگزینی مالتودکسترین 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 به‌دلیل توانایی جایگزین‌های چربی مورد استفاده در این تحقیق در 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 مالتودکسترین با چربی و همچنین جایگزینی صمغ گوار- زانتان با چربی حاوی انواع مختلف بافت دهنده‌ها در طول دوره نگهداری تغییر معنی‌داری نکرد ($P>۰/۰۵$)، و با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند ($P>۰/۰۵$). نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که پایداری فیزیکی و حرارتی نمونه‌های شکلات فرموله شده با جایگزینی مالتودکسترین 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 ($P<۰/۰۵$). در پایان دوره نگهداری (روز شصتم)، کمترین پایداری فیزیکی و حرارتی مربوط به نمونه شکلات تولیدی با کره گیاهی حاوی کنجاله بادام شیرین بود.

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 (نیوتن)	چسبندگی (نیوتن در دقیقه)	نیروی چسبندگی (نیوتن)	شمارش کلی باکتری‌ها (cfu/g)	شمارش کپک و مخمرها (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^{g}	۲.۸۲±۰.۶۹^{ef}	۴۱۳۳۳۳۳±۷۵۷۴۵۲^{b}	۴۷۰۰۰±۶۰۰۰^{e}
M-SM	۶۰	۶۵.۵۷±۰.۲۲^{d}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۵.۱۰±۰.۷۸^{cd}	۰.۰۷±۰.۰۲^{e}	۳.۲۰±۰.۷۶^{de}	۱۰۱۶۶۶۷±۷۰۲۳۸^{d}	۲۸۳۳۳۳۳±۵۵۰۷۵۷^{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±۰.۰۱^{g}	۲.۱۹±۰.۷۴^{fg}	۸۵۳۳۳±۱۱۰۶۰^{e}	۱۳۹۳۳۳±۱۳۴۲۹^{e}
M-SAM	۶۰	۶۷.۱۰±۰.۶۶^{d}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۵.۰۷±۰.۷۵^{cd}	۰.۰۷±۰.۰۳^{e}	۳.۲۲±۰.۷۴^{de}	۱۵۲۳۳۳±۲۶۵۷۷^{e}	۸۳۶۶۷±۱۰۵۹۹^{e}
M-MP	۱	۸۸.۶۸±۰.۵۵^{a}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۱۱.۸۰±۰.۷۲^{b}	۰.۱۴±۰.۰۶^{c}	۵.۷۵±۰.۵۱^{a}	۱۰۱۳۳۳±۲۴۱۷۳^{e}	۱۸۰۰۰۰±۴۳۵۸۹^{e}
M-MP	۶۰	۸۳.۶۳±۶.۲۶^{ab}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۱۷.۰۰±۱.۳۰^{a}	۰.۲۸±۰.۰۶^{a}	۵.۲۷±۰.۱۰^{b}	۲۶۳۳۳۳±۳۵۱۱۹^{e}	۷۰۶۶۷±۱۹۷۳۲^{e}
GX-SM	۱	۶۲.۰۴±۰.۲۴^{d}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۴.۹۳±۱.۵۰^{cd}	۰.۰۳±۰.۰۱^{g}	۲.۳۱±۰.۶۲^{ef}	۴۵۷۶۶۶۷±۷۳۲۱۴۳^{b}	۵۶۰۰۰۰۰±۳۶۰۵۵۵^{a}
GX-SM	۶۰	۶۳.۴۳±۰.۱۵^{d}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۵.۱۰±۱.۶۱^{cd}	۰.۰۸±۰.۰۵^{e}	۳.۲۳±۱.۴۳^{de}	۶۳۷۳۳۳۳±۲۴۸۲۶۱^{e}	۳۸۱۶۶۶۷±۷۰۷۶۹۶^{b}
GX-SAM	۱	۷۶.۹۳±۵.۰۳^{bc}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۶.۷۰±۰.۶۹^{c}	۰.۰۸±۰.۰۱^{e}	۳.۹۰±۰.۹۵^{d}	۱۳۵۳۳۳±۶۵۰۶^{c}	۲۷۶۳۳۳۳±۱۰۶۹۲۷^{c}
GX-SAM	۶۰	۶۲.۷۶±۰.۵۶^{d}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۱۰.۹۷±۱.۷۹^{b}	۰.۲۱±۰.۰۵^{b}	۵.۰۰±۰.۰۰^{e}	۳۲۲۳۳۳۳±۱۶۵۶۳۰^{e}	۸۱۶۶۷±۱۰۲۱۴^{e}
GX-MP	۱	۶۶.۲۹±۴.۵۸^{d}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۴.۶۳±۲.۴۲^{cd}	۰.۰۵±۰.۰۲^{f}	۲.۹۵±۱.۹۳^{de}	۷۹۰۰۰±۱۵۷۱۶^{e}	۲۴۳۳۳۳±۴۰۴۱۵^{e}
GX-MP	۶۰	۶۹.۱۷±۱.۰۷^{d}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۱۰۰.۰۰±۰.۰۰^{a}	۶.۳۳±۰.۷۶^{c}	۰.۰۸±۰.۰۲^{e}	۴.۲۴±۰.۲۸^{d}	۴۹۶۶۷±۲۵۱۷^{c}	۷۳۶۶۷±۱۵۵۶۷^{e}
V-SM	۱	۲۸.۴۱±۰.۵۵^{f}	۹۶.۷۴±۰.۳۵^{bc}	۹۷.۹۱±۰.۷۱^{bc}	۶.۱۷±۲.۰۴^{c}	۰.۰۶±۰.۰۳^{f}	۳.۷۳±۰.۸۶^{de}	۳۱۷۶۶۶۷±۴۵۲۱۴۳^{d}	۱۰۰۶۶۶۷±۲۹۵۶۹۱^{d}
V-SM	۶۰	۲۷.۲۰±۱.۰۲^{f}	۹۶.۰۴±۰.۰۳^{a}	۹۶.۹۹±۱.۶۶^{cd}	۵.۴۰±۰.۵۶^{cd}	۰.۱۱±۰.۰۱^{d}	۳.۴۶±۰.۷۷^{de}	۱۳۵۳۳۳۳±۸۵۰۴۹^{e}	۲۴۰۳۳۳۳±۳۲۵۱۶۷^{c}
V-SAM	۱	۳۷.۲۲±۰.۵۴^{e}	۹۶.۱۳±۰.۷۴^{a}	۹۷.۵۵±۰.۸۹^{c}	۱.۸۰±۰.۲۰^{f}	۰.۰۱±۰.۰۰^{h}	۱.۰۴±۰.۰۶^{h}	۴۰۳۳۳±۴۹۳۳^{e}	۵۳۳۳۳±۶۰۲۸^{e}
V-SAM	۶۰	۳۵.۹۴±۰.۴۱^{e}	۹۵.۹۷±۰.۰۵^{a}	۹۶.۱۰±۰.۹۸^{d}	۵.۰۳±۱.۵۰^{cd}	۰.۰۸±۰.۰۳^{e}	۳.۴۸±۱.۲۵^{de}	۱۱۵۳۳۳±۱۸۵۵۶^{e}	۱۵۰۰۰±۴۵۸۳^{e}
V-MP	۱	۲۲.۴۷±۰.۹۲^{f}	۹۷.۰۶±۰.۹۵^{b}	۹۸.۸۰±۰.۵۱^{b}	۵.۱۷±۲.۴۱^{cd}	۰.۰۵±۰.۰۲^{f}	۳.۷۷±۱.۷۰^{d}	۱۱۳۳±۶۰^{e}	۸۴۰±۲۸۲^{e}
V-MP	۶۰	۲۲.۸۴±۱.۱۹^{f}	۹۶.۴۳±۰.۵۰^{cd}	۹۸.۸۳±۰.۸۲^{b}	۳.۰۳±۰.۳۱^{e}	۰.۰۴±۰.۰۱^{f}	۲.۲۱±۰.۵۰^{fg}	۹۵۳±۲۲۱^{e}	۱۰۶۷±۷۰^{e}

-اعداد، میانگین (سه تکرار) ± انحراف معیار هستند. اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، اختلاف معنی‌داری از لحاظ آزمون دانکن با یکدیگر ندارند ($P>۰/۰۵$).

مالتودکسترین-کنجاله کنجد(M-SM)، مالتودکسترین- کنجاله بادام شیرین(M-SAM)، مالتودکسترین- شیر خشک (M-MP)، گوار- زانتان- کنجاله کنجد(GX-SM)، گوار- زانتان- کنجاله بادام شیرین(GX-SAM)، گوار- زانتان- شیرخشک (GX-MP)، کره گیاهی- کنجاله کنجد (V-SM)، کره گیاهی- کنجاله بادام شیرین (V-SAM)، کره گیاهی- شیر خشک(V-MP).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

ویژگی‌های بافتی

با گذشت زمان نگهداری میزان سختی نمونه‌های شکلات تولیدی با جایگزینی مالتودکسترین با چربی حاوی انواع مختلف بافت دهنده‌ها افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). اما سختی نمونه‌های شکلات تولید شده با جایگزینی صمغ گوار- زانتان با چربی حاوی کنجاله کنجد و شیر خشک طی دوره نگهداری تغییری نکرد ($P>۰/۰۵$)، درحالیکه در نمونه فرموله شده با جایگزینی صمغ گوار- زانتان با چربی حاوی کنجاله بادام شیرین روند افزایشی سختی مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). 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 ($P<۰/۰۵$) 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 ($P<۰/۰۵$). 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 به‌دست 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 ($P<۰/۰۵$). نمونه شکلات تولیدی با صمغ گوار- زانتان و کنجاله کنجد در روز شصتم 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، احتمالا 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 تانژانت افت نسبت به افزایش دما را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تمامی نمونه‌ها هم در روز پس از تولید و هم در روز شصتم 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 شصتم در نمونه شکلات صبحانه تولید شده با گوار- زانتان و کنجاله بادام شیرین پس از اعمال دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد روند افزایشی داشت.

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

با توجه به شکل ۳ که منحنی تغییرات مدول ویسکوز، مدول الاستیک و تانژانت افت را نسبت به فرکانس زاویه‌ایی 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 شصتم، مدول ذخیره یا الاستیک (G′) بالاتری نسبت به مدول افت یا ویسکوز (G″) داشتند. درحالیکه نمونه حاوی کره گیاهی و شیر خشک در روز پس از تولید و روز شصتم، 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 زاویه‌ایی تا $۴۵۰ s^{-1}$ روند افزایشی داشتند. اما در فرکانس‌های بالاتر در تعدادی از نمونه‌ها مدول الاستیک کاهش یافت. همچنین درمحدوده فرکانس آزمون، تانژانت افت همه نمونه‌ها کمتر از ۱ به‌دست آمد. مقادیرکمتر از ۱ تانژانت اتلاف برای تمامی نمونه‌ها تأیید بر رفتار جامد گون نمونه‌های شکلات صبحانه می‌باشد.

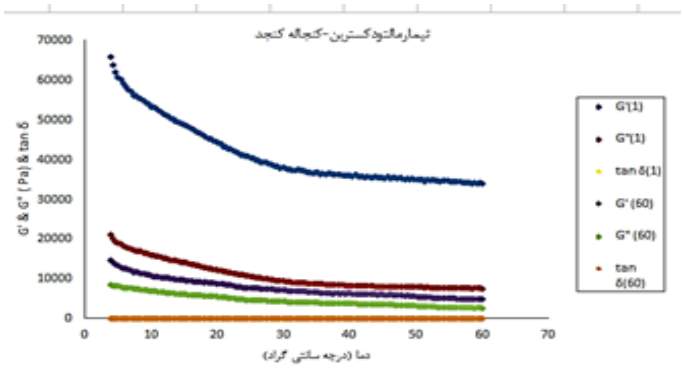
• بحث

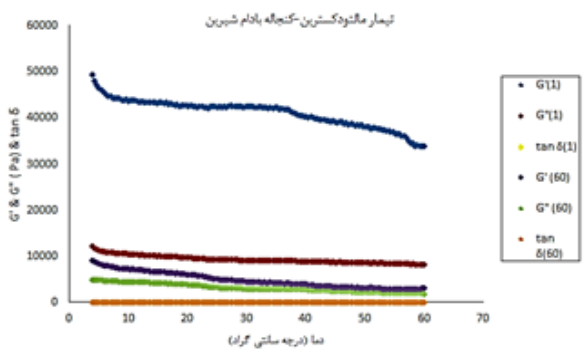
ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

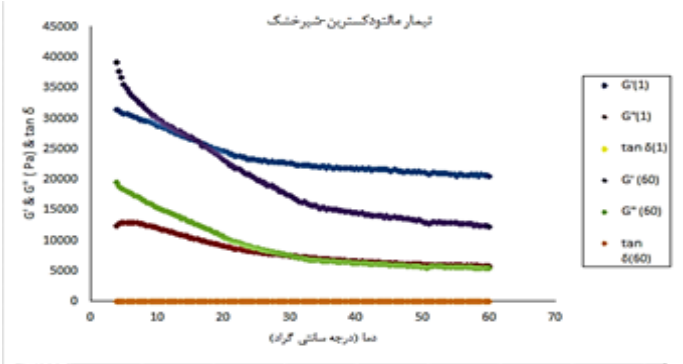
همان‌طور که انتظار می‌رفت، با استفاده از جایگزین‌های چربی (مالتودکسترین و صمغ گوار-زانتان) و حذف کره گیاهی از فرمولاسیون شکلات صبحانه به‌طور قابل توجهی از میزان کالری این محصول کاسته شد. در همین راستا، Mohammadiو همکاران (۲۰۱۸) با جایگزینی آرد سویای بدون چربی و حذف بخشی از چربی در فرمول شکلات، کالری محصول تولیدی را کاهش دادند (۱۸). در تحقیقی دیگر Khoshkish 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 ($P<۰/۰۵$). 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.

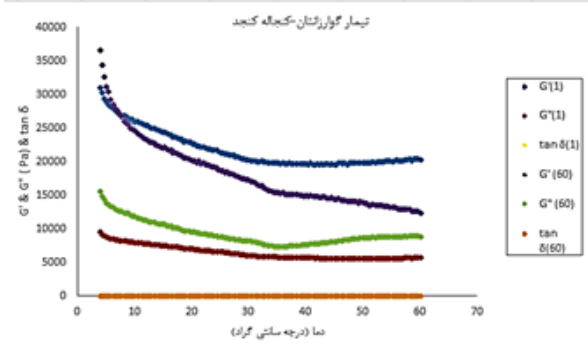
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

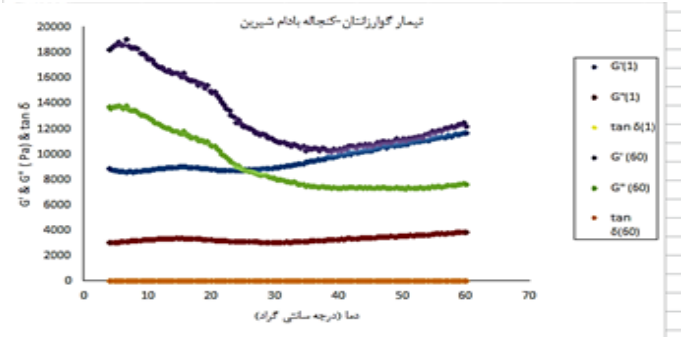
[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

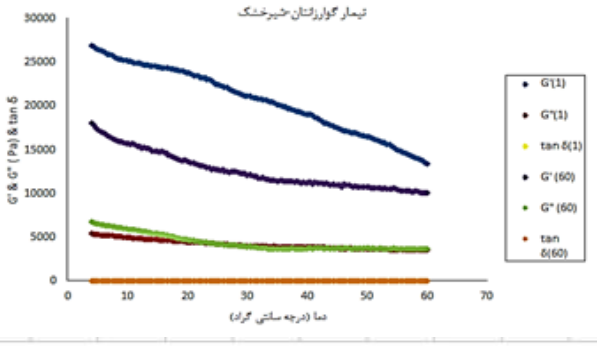


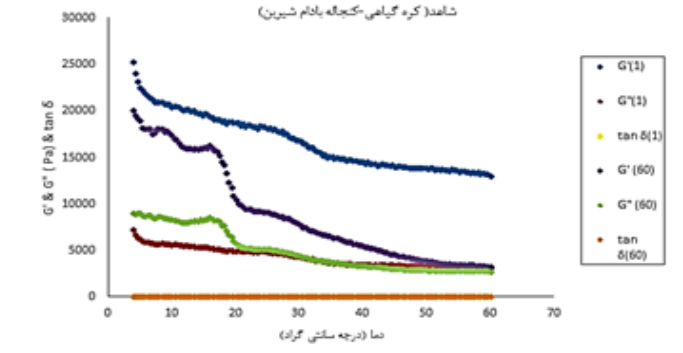


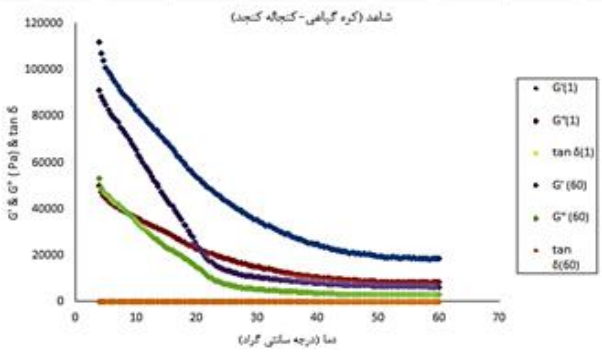


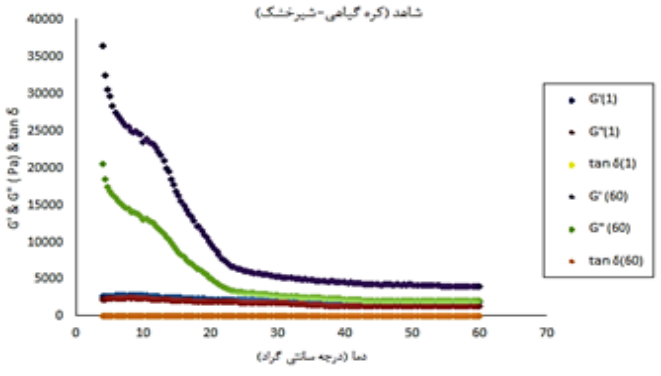








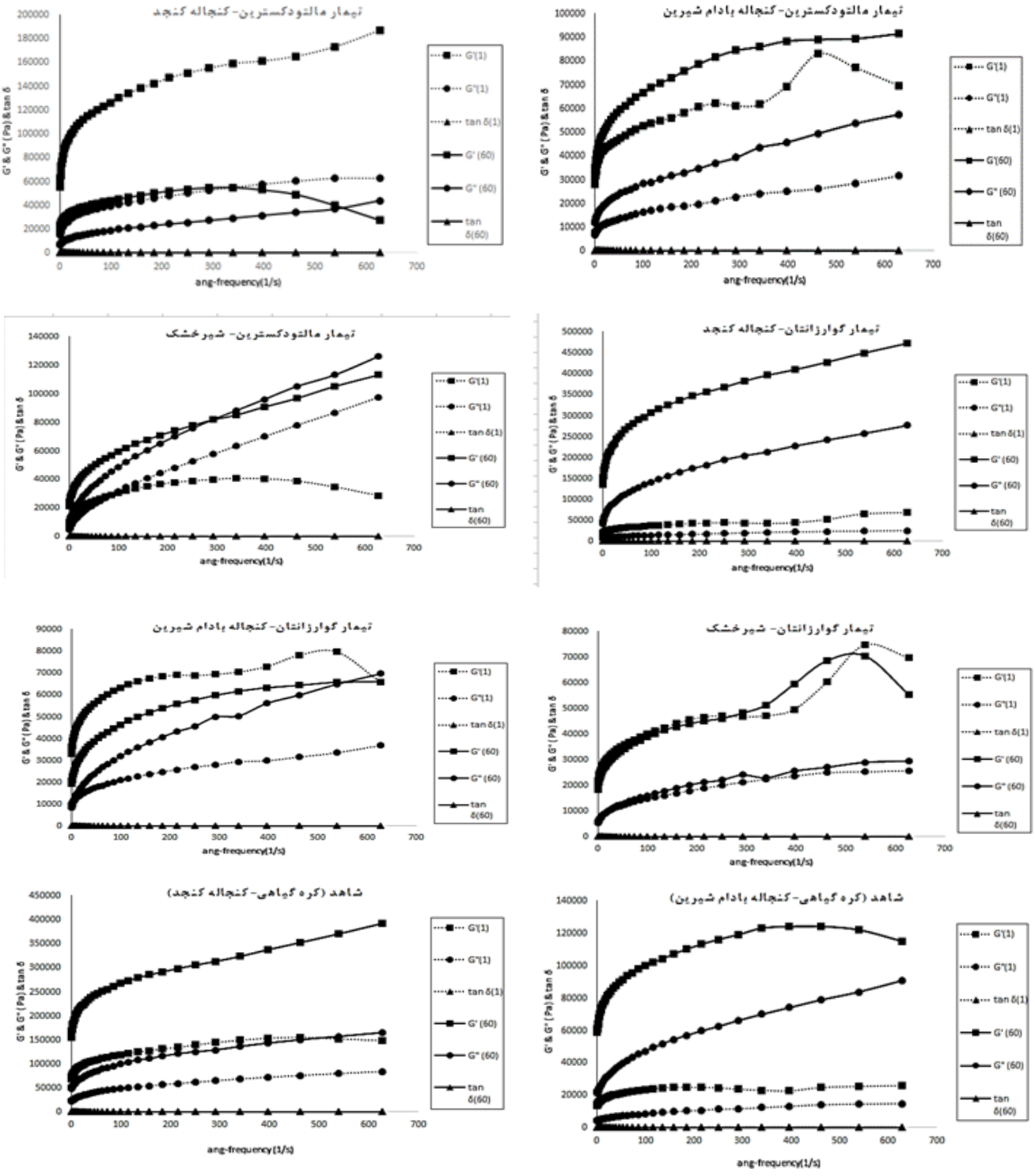




شکل ۲. منحنی تغییرات مدول ویسکوز، مدول الاستیک و تانژانت افت – دما در نمونه‌های شکلات صبحانه رژیمی درمانی در روز پس از تولید و روز شصتم

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]



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

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

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). مالتودکسترین 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 مالتودکسترین و صمغ گوار- زانتان جایگزین شده با چربی، کنجاله کنجد اثر بیشتری در کاهش میزان رطوبت محصول نهایی داشت ($P<۰/۰۵$). 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 ($P<۰/۰۵$). بیشترین میزان رطوبت در نمونه شکلات تولید شده با جایگزینی مالتودکسترین 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 محتوی پروتئین محصول نهایی در اثر استفاده از کنجاله کنجد و بادام شیرین بود که علت آن را می‌توان به وجود مقادیر بالای پروتئین در کنجاله‌ها نسبت داد (۲۰). در همین زمینه نتایج Carvalho و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که اضافه نمودن آرد کنجد به ذرت اکسترود شده افزایش معنی‌دار پروتئین این فرآورده را به همراه دارد (۲۴). Tavan و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از کنجاله کنجد و پلی‌ساکاریدهای محلول در آب سویا در تولید نان بربری، افزایش میزان پروتئین محصول را مشاهده کردند و بیان داشتند که با افزایش درصد کنجاله کنجد میزان پروتئین نان بربری افزایش یافت (۲۵).

همان‌طور که انتظار می‌رفت استفاده از جایگزین‌های چربی مانند مالتودکسترین 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 راستا، Chugh و همکاران (۲۰۱۳) برای تولید بیسکویت‌های کم چرب از جایگزین‌های چربی بر پایه کربوهیدرات (مالتودکسترین 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).بر خلاف نتایج حاصل از این 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 مالتودکسترین 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 برخورد 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 آلژینات 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 آبگریز 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 شیرخشک 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 راستا، He و همکاران (۲۰۲۰) گزارش نمودند که استفاده از کنجاله کنجد چربی‌گیری شده پایداری امولسیون روغن سویا در آب را به‌طور 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 روشنایی شکلات به اندازه ذرات، میزان چربی و لسیتین آن بستگی دارد

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

(۳۳). تغییرات بیشتر شاخص *Lدر نمونه‌های شکلات حاوی مالتودکسترین و کنجاله می‌تواند به این دلیل باشد که جایگزین‌های چربی مانند مالتودکسترین به‌دلیل داشتن خاصیت جذب آب بالا باعث کاهش پراکندگی نور و در نتیجه کاهش درخشندگی و تیرگی شکلات می‌شود (۳۴). Raftani Amiri و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردندکه غلظت‌های مختلف مالتودکسترین اضافه شده به فرمولاسیون ماست، پارامترهای رنگی (*L و *b) را تحت تأثیر قرار نداد (۳۵). ذکر این نکته الزامی است که احتمالا 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 پلی‌ساکاریدها در فرمولاسیون شکلات باعث تقویت فرایند کاراملیزاسیون و مایلارد و در نتیجه افزایش تولید رنگدانه‌های جدید و متعاقبا 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 قرمزی (*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 به‌کار 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 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 احتمالا 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 ۱۰درصد چربی) افزایش یافت (۴۳). نتایج مطالعه Yeganehzad و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که با افزایش جایگزینی پودر شیر خشک با آرد کامل سویا از۰ تا۱۰۰ درصد سختی نمونه‌های شکلات افزایش پیدا کرد (۴۴). Pandey and Singh (۲۰۱۱) نیز اذعان داشتندکه 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 عمدتاً 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 احتمالا 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 تانژانت افت (Loss tangent) (نسبت G″به G′) است (۴۸). مهم‌ترین عامل در رابطه با بالاتر بودن مدول الاستیک نسبت به مدول ویسکوز در

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

نمونه‌های بدون چربی (کره گیاهی)، حضورصمغ‌ها و مالتودکسترین 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 مالتودکسترین نسبت به گوار-زانتان اثر بهتری در جهت کاهش کالری و چربی داشت. همچنین مالتودکسترین 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 جایگزینی مالتودکسترین 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 مالتودکسترین 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 به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از جایگزین‌های چربی و شیرخشک اثر مطلوبی بر خواص فیزیکوشیمیایی شکلات صبحانه رژیمی داشت، اما از نقطه نظر کیفیت میکروبی کنجاله بادام شیرین نسبت به کنجاله کنجد، و مالتودکسترین نسبت به صمغ گوار-زانتان موفق‌تر عمل کرد.

• References

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Hatami-Takami SZ. Modified milk powder: production and investigation of flavored low lactose milk powder. Food Sci Technol 2017; 15(79):333-343.
6. 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.
7. 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.
8. 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].
9. 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.
10. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Chocolate - Specifications and test methods. ISIRI no 608. 7st Revision, ISIRI: 2017.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Microbiology of the food chain —Horizontal method for the enumeration of microorganisms- Part 2 :Colony

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

count at 30 °C by the surface plating technique. ISIRI no 5272-2. 1st Revision, ISIRI: 2015.

16.Konar N, Özhan B, Artık 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 Bioinforma2011;1(10):242-247.

18. Mohammadi A, Asadolahi S, Eshaghi MR. Effecte 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 bambo 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. Dernekbasi 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 Resh 2013; 4(3):26-90.

22. Zheng M, Jin Z, Zhang Y. Effect of cross-linking and esterification on hygroscopicity and surface activityof 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 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, Ziaiifar 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. Yağci S, Göğüş F. Selected physical propertiesof 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 ofInulin and fructo oligosaccharide supple mentation on textural, rheological and sensory properties ofbread 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 yog-ice cream with added inulin. Int J DairyTechnol 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 chemicalproperties, 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.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

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, Subaric 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 andviscoelastic properties at different oil and xanthan gum concentrations. J Food Engin 1995;25(3):409–425.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]

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

*Soltani M[1], Goli M[*2], Jahadi M[3]*

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

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.17357756.1401.17.4.5.1]