(مقاله پژوهشی)

تأثیراستفاده از پودر خرما بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی ماست قالبی کم‌چرب

نیلوفر مهرجو[۱]، مصطفی سلطانی[۲*]، سوده محمدی[۱]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده داروسازی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی ، مرکز تحقیقات علوم تغذیه و صنایع غذایی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۲۲

چکیده

در این پژوهش با توجه به خصوصیات تغذیه‌ای میوه‌ی خرما و توانایی فیبرموجود در آن بر بهبود خواص فیزیکوشیمیایی و بافتی فرآورده‌های‌غذایی، تأثیر افزودن پودرخرما بر ویژگی‌های کیفی ماست قالبی کم‌چرب طی بیست و دو روز انبارداری موردبررسی قرارگرفت. به‌این‌منظور،پنج‌نمونه‌ماست‌قالبی‌ازشیرکامل(۳درصد) و افزودن پودر خرما در نسبت‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد (وزنی/ حجمی) به شیر کم‌چرب (۱/۵ درصد) تولید شد. نمونه های ماست تولید شده در یخچال با دمای۱±۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۲روز نگهداری‌شده و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی آن‌ها در طول انبارداری مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزودن پودر خرما به فرمولاسیون ماست کم‌چرب در مقایسه با نمونه شاهد pH، آب اندازی، کشسانی، چسبندگی، ظاهر و رنگ، بو و مزه به طور معنی‌داری کاهش و اسیدیته، ظرفیت نگهداری آب، ویسکوزیته، سختی بافت، پیوستگی، قوام و بافت به طور معنی‌داری افزایش یافت($p<۰/۰۵$). از نظر ویژگی‌های بافتی و حسی، نمونه ماست حاوی ۱ درصد پودر خرما نسبت به سایر نمونه‌ها دارای پذیرش کلی بالاتری در بین ارزیابان بود. در مجموع با توجه به نتایج آزمون‌های مختلف، می‌توان گفت که استفاده از ۱ درصد (وزنی/حجمی) پودر خرما منجر به تولید بهترین نمونه ماست کم‌چرب از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی شد.

واژه‌های کلیدی: پودر خرما، ماست کم‌چرب ، ویژگی‌های بافتی، ویژگی‌های حسی، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی.

* مسئول مکاتبات: m.soltani@iaups.ac.ir

۱- مقدمه

شیر و فرآورده‌های آن یکی از ارکان اصلی رژیم غذایی مردم جهان را تشکیل می‌دهند (۱۰). از میان فرآورده‌های بی‌شماری که از تخمیر شیر تولید می‌گردند، ماست تنها فرآورده‌ای است که به سراسر جهان راه‌یافته است و از ارزش تغذیه‌ای بیشتری نسبت به شیر برخوردار است، به‌طوری‌که منبعی غنی از پروتئین، کلسیم، فسفر، منیزیم و ویتامین‌هایی چون اسید فولیک می‌باشد(۴۶و۸). الگوی غذایی‌جوامع پیشرفته و در حال توسعه به سمت تولید غذاهای عمل‌گرا و سلامت بخش باکیفیت بالاتر و ارزش تغذیه‌ای بیشتر سوق داده‌شده است. غذای عمل‌گرا افزون برخواص تغذیه‌ای پایه ، حداقل دارای یک ویژگی سلامتی بخش مشخص و ثابت‌شده نیز می‌باشد که توسط دانشمندان علم تغذیه توصیه و توسط مصرف‌کنندگان، مصرف می‌شود. ازاین‌رو تولید و مصرف غذاهای کم‌چربی یا فاقد چربی با کنترل میزان کالری دریافتی بسیار موردتوجه قرارگرفته است(۹). با توجه به اینکه چربی ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی غذاها مانند طعم و مزه، احساس دهانی و بافت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، حذف آن به‌راحتی امکان‌پذیر نیست. زیرا حذف چربی بافت، طعم و مزه را در جهت نامطلوب شدن سوق می‌دهد. بنابراین برای فرمولاسیون محصولات کم‌چرب، استفاده از ترکیباتی که به‌طور نسبی و یا کامل جایگزین چربی می‌شوند و ویژگی‌های چربی را ایجاد می‌کنند پیشنهادشده است(۳۱). خرما *Phoenix Dactylifera L.* از دو واژه *Phoenix* به معنای نخل خرما در زبان لبنانی و *Dactylifera* به معنای انگشت در زبان یونانی، مشتق شده است. میوه خرما سرشار از مواد مغذی اساسی شامل کربوهیدرات‌ها، نمک‌ها و مواد معدنی، فیبررژیمی، ویتامین‌ها، اسیدهای چرب، آمینواسیدها و پروتئین است و در تغذیه بشر از اهمیت زیادی برخوردار است(۲۲). خرما علاوه بر فراهم کردن رنج وسیعی از مواد مغذی ضروری، تقویت‌کننده سیستم ایمنی بدن است و در درمان‌بیماری‌های‌عفونی مفید است (۲۳). از نظر رئولوژیکی محلول فیبر خرما دارای طبیعت ویسکوالاستیک است و از دیدگاه‌تکنولوژیکی نیز فیبر رژیمی خرما دارای خصوصیات عملکردی مانند نگهداری آب، نگهداری روغن، تشکیل امولسیون و ژل است و می‌تواند در صنعت غذا برای اصلاح خصوصیات بافتی، جلوگیری از آب‌اندازی و پایدار کردن مواد غذایی و امولسیون‌ها با چربی بالا به کار رود(۱۲و ۲۳). ظرفیت نگهداری آب توسط فیبر خرما تابعی از اندازه ذرات،تخلخل،آب‌گریزی و دما است. همچنین خصوصیات ساختاری و ترکیب شیمیایی فیبر نقش مهمی در میزان و جذب و نگهداری آب‌اندازی می‌کند(۱۹). تاکنون پژوهش‌های متعددی در ارتباط با استفاده از جایگزین‌های چربی در تولید ماست کم‌چرب و بدون چربی صورت پذیرفته است. حجتی و الهایی(۲۰۱۷) در بررسی امکان استفاده از آرد میوه کنار در تولید ماست طعم‌دار اذعان نمودند که با افزایش مقدار پودر کنار مقدار اسیدیته و آب‌اندازی کاهش و pH افزایش معنی‌داری یافت. بررسی نتایج حاصل از آزمون‌های حسی نشان داد که نمونه‌های ماست با افزودن پودر کناراختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد نداشته و مورد پذیرش مصرف‌کنندگان می‌باشد. براساس یافته‌های این تحقیق پودر کنار می‌تواند به عنوان یک افزودنی طبیعی مناسب در تولید ماست فراسودمند بکار گرفته شود(۵). کازاروتی و پنا (۲۰۱۵) به بررسی ترکیب آردهای میوه در شیر تخمیرشده پرداختند. در این پژوهش اثر افزودن آردهای سیب، موز و انگور بر ویژگی‌های شیر تخمیرشده توسط کشت ABT-4 مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که غنی‌سازی با آرد میوه فقط میزان اسیدی‌شدن را تحت تاثیر قرار می‌دهد و هیچ تاثیری بر زمان تخمیر و سطح باکتری‌های پروبیوتیک ندارد. کاهش میزان pH و افزایش اسیدیته در طول دوره انبارداری مشاهده شد. هم‌چنین، کاهش زنده‌مانی پروبیوتیک طی شبیه سازی دستگاه گوارش در شرایط آزمایشگاهی در تمام نمونه‌ها وجود داشت. با این وجود، غنی‌سازی با آرد میوه‌های مذکور سبب بهبود تحمل باکتری‌های لاکتوباسیلوس اسیدیفیلوس در شرایط شبیه‌سازی شده دستگاه گوارش در روزهای ۱۴ و ۲۸ از انبارداری

شد(۲۵).گاهرویه و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی ماست غنی‌شده با جوانه گندم و پودر توت‌فرنگی به‌عنوان مواد عملکردی آن پرداختند. برای این منظور ، هفت فرمولاسیون کاربردی حاوی جوانه گندم (۰، ۱۰ ، ۲۰ و ۳۰ درصد بر اساس ماده خشک) با افزودن آن به نمونه‌های ماست قبل و بعد از تخمیر تولید شد. نتایج نشان داد که افزودن جوانه گندم به ماست باعث افزایش مقدار ترکیبات غنی‌شده مانند آهن، پتاسیم، روی، فسفر، منیزیم، اسیدهای چرب اشباع‌نشده و فیبرمی‌شود. نتایج ارزیابی حسی حاکی از آن است که افزودن جوانه‌گندم‌پس‌از تخمیر به‌طور قابل‌توجهی قابل‌قبول بودن نمونه‌های ماست را افزایش می‌دهد(۲۹). ویرا و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تاثیر پودر پوست میوه گل ساعتی در سه سطح ۰/۱۰، ۰/۱۵ و ۰/۲۰ درصد بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست تولید شده از شیرکامل پرداختند. نتایج میکروسکوپ الکترونی ذرات نامنظم را در مجاورت گرانول‌های نشاسته نشان می‌دهد. با افزایش مقدار پودر پوست میوه گل ساعتی، افزایش معنی‌داری در اسیدیته، ظرفیت نگهداری آب و ویسکوزیته مشاهده شد. افزودن ماده فوق سبب تغییر در پارامترهای رنگی ماست و تمایل آنها به سمت رنگ زرد و قرمز بواسطه حضور کارتنوئیدها در پوست میوه گل ساعتی شد. نتایج حاصل از ارزیابی حسی ماست نشان داد که ماست حاوی ۰/۲۰ درصد پودر پوست میوه گل ساعتی کمترین امتیاز را از لحاظ بو و مزه دارا بود. بطور کلی افزودن پودر پوست میوه گل ساعتی سبب بهبود بافت، افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش آب‌اندازی می‌شود(۴۷).مطالعه خصوصیات خرما نشان داده است که استفاده از آن به‌عنوان منبع مهم فیبر رژیمی جهت پایدار کردن محصولات غذایی با میزان بالای چربی و بر پایه امولسیون، مفید خواهد بود زیرا ظرفیت نگهداری آب و روغن بالایی دارد(۲۸). فیبر حاصل از میوه خرما می‌تواند به‌عنوان یک جزء فراسودمند برای فرموله کردن محصولات غذایی سالم مورداستفاده قرار گیرد(۱۹). با توجه به مطالب ذکرشده، هدف از این مطالعه استفاده از نسبت‌های مختلف پودر خرما در تهیه ماست قالبی کم‌چرب و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی ماست تهیه‌شده بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

شیر خام گاو به دو صورت شیر کامل (دارای ۳درصد چربی) و شیر کم‌چرب (دارای ۱/۵ درصد چربی) بر اساس ویژگی‌های ذکرشده در جدول ۱ از شرکت پگاه تهران و استارتر ماست (YC۱۸۰) شامل *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* و *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس* از شرکت کریستین هانسن تهیه شد.

جدول ۱- مشخصات شیر مصرفی

نوع شیر	چربی (درصد)	پروتئین (درصد)	ماده خشک بدون چربی (درصد)	اسیدیته (درصد)	pH	لاکتوز (درصد)
شیر کامل	۳	۲/۹۵	۷/۵۷	۰/۱۶	٦/٦٧	٤/٤٣
شیر کم‌چرب	۱/۵	۳/۱۲	۷/۸۹	۰/۱۷	٦/٦٣	٤/٦١

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- آماده‌سازی پودر خرما

خرما رقم مضافتی از بازارهای محلی تهیه شد. ابتدا خرما هسته‌گیری و پوست‌گیری‌شد. سپس توسط دستگاه خردکن (مولینکس مدل DPA1، فرانسه) به‌صورت خمیر یکنواخت درآمد. پس از پهن کردن بر روی فویل آلومینیوم، درون آون مدل شیماز در دمای ۲±۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ساعت قرار داده‌شد. به دنبال آن ماده خشک توسط آسیاب به‌صورت پودر درآمد. به‌منظور یکسان‌سازی اندازه ذرات، پودر خرما از الک‌هایی با مش ۷۰-۴۰ عبور داده شد

و در اندازه ۰/۴۲-۰/۲۲ میلی‌متر مورداستفاده قرار گرفت و تا زمان آزمون در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. ویژگی‌های شیمیایی خرما ازجمله میزان رطوبت با روش آزومتری منطبق با استاندارد ملی ایران به شماره ۶۷۲، مقدار پروتئین با روش میکروکجلدال و میزان چربی با استفاده از دستگاه سوکسله ۳ خانه و حلال هگزان و فیبر خام مطابق روش AOAC (۲۰۰۵) اندازه‌گیری شد(۱۵و۲۰) (جدول۲).

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی خرما رقم مضافتی (بر اساس وزن مرطوب)

رطوبت (درصد)	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	فیبر خام (درصد)
۱۶/۲۰	۱/۰۹	۰/۶۳	٤/۳۲

۲-۲-۲- تولید ماست

در ابتدا شیر گاو تهیه‌شده در ۵ ظرف جداگانه به ترتیب با نسبت‌های مطابق با جدول ۳ مخلوط شدند. سپس مخلوط شیر موجود در هر ظرف تا رسیدن به دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد و در این دما مقدار تعیین‌شده شیر خشک بدون چربی (۲ درصد) به آن اضافه گردید و حرارت دهی تا دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه ادامه یافت. سپس نمونه‌ها تا دمای ۱±۴۴ درجه سانتی‌گراد خنک شدند (۴۰). در این دما، استارتر (به مقدار ۳ درصد وزنی) به نمونه‌های شیر اضافه‌شده و برای همگن‌سازی به‌آرامی هم زده شدند و درنهایت در ظرف‌های پلاستیکی موردنظر برای تهیه ماست ریخته شدند و در گرمخانه با دمای ۱±۴۲ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به pH= ۴/۶ قرار داده شدند. پس از رسیدن به pH موردنظر، نمونه‌ها در سردخانه ۱±۴ درجه سانتی‌گراد به مدت بیست و دو روز انبارداری شدند. روز پس از تولید به عنوان روز اول انبارداری در نظر گرفته شد و آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی در روزهای اول، هشتم، پانزدهم و بیست و دوم از دوره‌ی انبارداری بر روی نمونه‌ها انجام گرفت.

جدول ۳- مشخصات نمونه‌های ماست تولیدی

مشخصات نمونه	نوع شیر مصرفی	چربی **شیر (درصد)**	**مقدار پودر خرما (درصد)**
CFY	شیر کامل	۳	۰
YD۱	شیر کم‌چربی	۱/۵	۱
YD۲	شیر کم‌چربی	۱/۵	۲
YD۳	شیر کم‌چربی	۱/۵	۳
YD۴	شیر کم‌چربی	۱/۵	٤

۲-۲-۳- آزمون‌ها

۲-۲-۳-۱- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

pH نمونه‌های ماست در دمای محیط با استفاده از دستگاه pH متر (SANA SL-901) و اسیدیته قابل تیتر برحسب درصد لاکتیک اسید توسط تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال و در حضورمعرف فنل فتالئین تا ظهور رنگ صورتی کمرنگ که به مدت حداقل ۵ ثانیه پایدار بماند انجام شد (۱۴).

ویسکوزیته با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد و اسپیندلIV با چرخش۱۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. برای ثبت ویسکوزیته گذشت۳۰ ثانیه از زمان چرخش اسپیندل ملاک قرار گرفت و نتایج برحسب سانتی پویز بیان شد (۳۶). ظرفیت نگهداری آب با روش سانتریفیوژ(۲۶) و آب‌اندازی توسط توزین ۲۵ گرم نمونه ماست بر روی کاغذ صافی واتمن شماره ۴۳ قرارگرفته بر

روی قیف شیشه‌ای در داخل استوانه مدرج و سپس قرار دادن آن در دمای یخچال به مدت ۲ساعت و توزین آب خارج‌شده از نمونه‌ها با واحد گرم/۲۵گرم محاسبه شد(۱۸). تعیین درصد ماده جامد کل با روش وزن سنجی برحسب رساندن به وزن ثابت توسط آون و برحسب درصد انجام شد(۳۸). درصد پروتئین با روش میکروکجدال مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۶۳۹ ، و درصد چربی به روش ژربرمطابق استاندارد ملی ایران شماره ۶۹۵ در روز اول انبارداری انجام شد(۱۳و ۱۶).

۲-۲-۳-۲- آزمون حسی

ارزیابی حسی به شیوه‌ی هدونیک بر مبنای ظاهر و رنگ (۵ امتیاز)، بافت و قوام (۵ امتیاز)، بو ومزه (۱۰ امتیاز) و امتیاز کلی (۲۰ امتیاز) توسط یک پانل نه نفر از افرادی که در رژیم غذایی خود از ماست استفاده می‌کردند، انجام شد (۳۹).

۲-۲-۳-۳- آزمون بافت

آزمون بافتی نمونه‌های ماست با استفاده از دستگاه Texture Analyzer با پروب میله‌ای CT3 به ضخامت ۱۳میلی‌متر بود. جهت تعیین خصوصیات بافتی، نمونه‌ها در زیر پروب آلومینیومی دستگاه با مقطع دایره‌ای به قطر ۷۰ میلی‌متر قرار گرفت و آزمون فشاری دومرحله‌ای بر روی آن انجام شد. آزمون با سرعت قبل از آزمون پروب ۵ میلی‌متربرثانیه، فواصل‌زمانی ۱۰ ثانیه انجام شد و فاکتورهای مربوط به بافت ماست‌ها (سختی[1]، کشسانی[2]، پیوستگی[3]، چسبندگی[4]) موردبررسی قرار گرفت(۲۴).

۲-۳- طرح آماری و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

تولید نمونه‌های ماست در سه تکرار و در سه روز متوالی انجام شد و تمامی‌آزمون‌ها در دو تکرار انجام گرفت. نتایج، با استفاده از نرم‌افزارSPSSورژن۲۲موردارزیابی قرارگرفت. به این منظور، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های حاصل از آزمایش‌های انجام‌شده، از طریق آزمون دانکن در سطح معناداری۰/۰۵درصد انجام شده و جداول مربوطه تهیه گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی‌در جدول۴ ارائه شده است.

۳-۱-۱- pH و اسیدیته

بر طبق نتایج نشان داده‌شده در جدول ۴، اضافه کردن پودر خرما و مدت‌زمان انبارداری تأثیر معنی‌داری بر روی pH و اسیدیته ماست داشت($p<۰/۰۵$). افزودن پودر خرما به سبب دارا بودن قند، باعث کاهش pH و افزایش اسیدیته نمونه‌ها شد و این کاهش درpH و افزایش در اسیدیته متناسب با افزایش جایگزینی پودر خرما، افزایش یافت بطوریکه نمونه حاوی ۴ درصد پودر خرما به‌طور معنی‌داری pH کمتر و اسیدیته بالاتری در قیاس با سایر نمونه‌ها داشت($p<۰/۰۵$). دلیل احتمالی این امر می‌تواند افزایش غلظت قند و اثر بر فعالیت باکتری‌های آغازگر باشد که درنتیجه مقدار بیشتری لاکتیک اسید تولیدشده و pH کاهش می‌یابد (۱۷). همان‌گونه که مشخص است با گذشت زمان، میزان pH و اسیدیته به ترتیب روند نزولی و صعودی داشت که علت آن تولید لاکتیک اسید در اثر تخمیر لاکتوز توسط فعالیت متابولیکی ثانویه باکتری‌های آغازگر ماست می‌باشد(۲۱). نتایج مشابهی با نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق مبنی بر کاهش pH و افزایش اسیدیته با گذشت زمان در ماست کم‌چرب و بدون چربی حاوی گلوکومانان توسط دای و همکاران (۲۰۱۶) گزارش‌شده است(۲۶).

۳-۱-۲- ظرفیت نگهداری آب

ظرفیت نگهداری آب به‌عنوان حجمی از آب است که توسط یک گرم پروتئین (بر اساس وزن خشک) محبوس شده‌است و یکی از عوامل مهم در تعیین کیفیت ماست می‌باشد که در به کار بردن فرمولاسیون و سیستم فرآوری

1- Hardness
2- Springiness
3- Cohesiveness
4- Adhesiveness

غذا مهم است(۴۲). افزودن پودر خرما سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌گردد ($p<۰/۰۵$) به‌طوری‌که در هرروز به ترتیب بیشترین و کمترین ظرفیت نگهداری آب مربوط به نمونه حاوی۴ درصد پودر خرما و نمونه شاهد بود. میزان پروتئین نقش بسیار مهمی در ظرفیت نگهداری آب ماست ایفا می‌کند. با افزایش میزان پودر خرما میزان ظرفیت نگهداری آب افزایش پیدا کرد که به علت توزیع مناسب پودر خرما و اتصال با مولکول‌های آب و تداخل با اجزای شیر به‌ویژه پروتئین‌ها و جلوگیری از حرکت آزادانه آب است (۴۳). پودر خرما دارای قندهای منوساکارید احیاکننده (گلوکز و فروکتوز) و مقادیرکمی از ساکارز می‌باشد. قندها به واسطه داشتن‌گروه هیدروکسیل با مولکول آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌کنند و با توجه به ساختار مولکولی قندهای‌گلوکز، فروکتوز و ساکارز به نظر می‌رسد با افزایش گروه‌های عاملی قندهای پودر خرما نسبت به ساکارز اتصالات هیدروژنی بیشتر شده و ظرفیت نگهداری آب افزایش می‌یابد(۱). در همین راستا ویرا و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تولید ماست با استفاده از پودر پوست میوه گل ساعتی اذعان نمودند که ظرفیت نگهداری آب با افزایش مقدار پودر پوست میوه گل ساعتی افزایش می‌یابد(۴۷).در بررسی روند تغییرات در روزهای اول تا ۲۲ آزمون، نتایج نشان می‌دهد که افزایش مدت‌زمان انبارداری، موجب کاهش ظرفیت نگهداری آب می‌شود($p<۰/۰۵$) و در تمامی نمونه‌ها کمترین ظرفیت نگهداری آب در روز ۲۲ مشاهده شد. با توجه به زنده‌مانی و فعالیت باکتری‌های آغازگر ماست در حین نگهداری در یخچال که منجر به هیدرولیز و هضم پروتئین‌های محصول می‌شود با گذشت زمان، آب‌اندازی نمونه‌ها افزایش می یابد زیرا پروتئین‌های عامل بافت مطلوب، خاصیت خود را از دست داده و پیوند آن‌ها گسسته می‌شود(۴۵).

۳-۱-۳- آب‌اندازی

یکی از معایب عمده‌ی ماست آب‌اندازی می‌باشد که در واقع به ظهور آب در ماست اطلاق می‌شود. آب‌اندازی به دلیل چروکیدگی ساختار سه‌بعدی رخ می‌دهد که منجر به کاهش قدرت اتصال پروتئین‌های آب‌پنیر و خروج آب از ماتریکس‌ماست می‌گردد. از دلایل اصلی آب‌اندازی می‌توان به دمای بالای انکوباسیون، ماده خشک پایین و حمل و نقل نامناسب اشاره کرد که از راه‌های حذف یا کاهش آن غنی‌سازی با ماده خشک می‌باشد(۳۵). نتایج به‌دست‌آمده درزمینه تغییرات میزان آب‌اندازی در جدول ۴ ارائه شده است. افزودن پودر خرما به ماست باعث کاهش آب‌اندازی نمونه‌ها شد و با افزایش مقدار پودر خرما به ماست، میزان آب‌اندازی نیز روند نزولی داشت که علت احتمالی آن توانایی فیبر موجود در پودر خرما در اتصال به مولکول‌های آب و تداخل با اجزای شیر به‌ویژه پروتئین‌ها و درنتیجه پایداری شبکه پروتئین‌ها می‌باشد که از حرکت آزادانه آب جلوگیری کرده و منجر به کاهش آب‌اندازی می‌گردد(۶). نتایج حاصل از این تحقیق با پژوهش‌های صورت گرفته توسط سایر محققان هم‌راستا می‌باشد. مرند و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای بر روی تأثیر افزودن پودر کتان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، آنتی‌اکسیدانی و حسی ماست نشان دادند که افزودن پودر کتان در تمامی سطوح موجب کاهش آب‌اندازی ماست شد(۳۷) . بر طبق نتایج به‌دست‌آمده تأثیر زمان انبارداری بر آب‌اندازی نمونه‌ها معنی‌دار بود($p<۰/۰۵$). علت افزایش آب‌اندازی در طول انبارداری می‌تواند مرتبط با بازآرایی‌های شدید شبکه کازئینی، تمایل شبکه‌ی پروتئینی به فشرده و جمع شدن و درنتیجه جدا شدن سرم باشد(۴۸). همچنین کاهش pH در اواخر دوره نگه‌داری، می‌تواند باعث‌تغییرفرم طبیعی پروتئین شده و در اثر دناتوره شدن پروتئین، آب متصل به آن آزادشده و آب‌اندازی افزایش یابد(۴۴).

۳-۱-٤- ویسکوزیته

جدول۴ تغییرات ویسکویته نمونه‌های ماست را با تغییر درصد پودر خرما و زمان انبارداری نشان می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه ویسکوزیته ماست نشان داد که با افزودن پودر خرما به ماست، ویسکوزیته در مقایسه با نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت($p<۰/۰۵$) و نمونه حاوی۴ درصد از پودر خرما بالاترین میزان ویسکوزیته را

در تمامی‌روزهای نگهداری در مقایسه با سایر نمونه‌های ماست دارا بود. از عوامل احتمالی اثرگذار برافزایش ویسکوزیته، می‌توان به کاهش pH و افزایش اسیدیته اشاره کرد(۴۳). با توجه به این که با افزودن پودر خرما، pH ماست به سبب حضور ترکیبات قندی کاهش و میزان اسیدیته افزایش یافت، می‌توان آن را یکی از دلایل اثرگذار بر افزایش ویسکوزیته عنوان کرد. به‌طورکلی اکثر قندها به دلیل ویژگی آب‌دوستی شدید و حلالیت آن‌ها، محلول‌های بسیار غلیظ تولید می‌کنند. قندها توسط گروه هیدروکسیل با مولکول‌های آب پیوند هیدروژنی برقرار می‌نمایند. با توجه به ساختارمولکولی قندها به نظر می‌رسد با افزایش پودر خرما، اتصالات هیدروژنی‌مذکور بیشتر شده و ضمن کاهش تحرک آب آزاد، منجر به افزایش ویسکوزیته ی ماست حاوی پودر خرما شده‌اند(۱۷). از سویی دیگر ماتریکس دیواره سلولی در میوه‌جات یک بخش مهم محسوب شده و خاصیت اتصال با مولکول‌های آب در فیبرهای میوه باعث بهبود رفتارهای رئولوژی در مواد غذایی می‌شود. بدون شک، ویژگی کلیدی فیبر میوه‌ها، خاصیت هیدراته شدن یا جذب آب آن می‌باشد. جذب آب توسط فیبرها توانایی رشد و متورم شدن، بالا بردن ویسکوزیته و جلوگیری از آب‌اندازی را بیان می‌کند(۴۳). حسین و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که با افزودن پودر نخود به ماست پروبیوتیک هم‌زده ویسکوزیته افزایش و آب‌اندازی کاهش می‌یابد(۳۳). در تحقیقی دیگر تأثیر افزودن شیره خرما بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی بستنی نرم توسط اردیبلی و همکاران (۲۰۰۵) بررسی شد. دارا بودن مقادیر بالای قندهای منوساکارید احیا کننده نسبت به ساکارز در شیره خرما، تمایل به جذب آب را در بستنی افزایش داده و به دنبال آن ویسکوزیته بستنی زیاد می‌شود(۲). با افزایش مدت‌زمان انبارداری، ویسکوزیته در تمامی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($p<۰/۰۵$)و نمونه شاهد (فاقد پودر خرما) کمترین ویسکوزیته را در روز ۲۲ دارا بود.

جدول ٤- نتایج حاصل از ارزیابی آزمون‌های فیزیکوشیمیایی ماست

آزمون فیزیکوشیمیایی	نمونه	روز ۱	روز ۸	روز ۱۵	روز ۲۲
pH	CFY	۴/۶۳±۰/۰۲^{dD}	۴/۵۷±۰/۰۲^{cB}	۴/۵۵±۰/۰۳^{dB}	۴/۴۷±۰/۰۳^{dA}
	YD۱	۴/۵۸±۰/۰۳^{cD}	۴/۵۴±۰/۰۲^{cC}	۴/۵۰±۰/۰۱^{cB}	۴/۴۴±۰/۰۱^{cdA}
	YD۲	۴/۵۵±۰/۰۳^{bcD}	۴/۴۹±۰/۰۲^{bC}	۴/۴۴±۰/۰۱^{bB}	۴/۴۰±۰/۰۱^{cA}
	YD۳	۴/۵۱±۰/۰۱^{bD}	۴/۴۷±۰/۰۱^{bC}	۴/۴۱±۰/۰۲^{bB}	۴/۳۶±۰/۰۲^{bA}
	YD٤	۴/۴۹±۰/۰۳^{aD}	۴/۴۴±۰/۰۳^{aC}	۴/۳۷±۰/۰۴^{aB}	۴/۳۱±۰/۰۴^{aA}
اسیدیته (درصد لاکتیک اسید)	CFY	۱/۰۶±۰/۰۵^{aA}	۱/۱۱±۰/۰۴^{aB}	۱/۲۰±۰/۰۳^{aC}	۱/۲۷±۰/۰۳^{aD}
	YD۱	۱/۰۹±۰/۰۶^{bA}	۱/۱۶±۰/۰۴^{abB}	۱/۲۵±۰/۰۴^{abC}	۱/۳۲±۰/۰۴^{abD}
	YD۲	۱/۱۸±۰/۰۴^{cA}	۱/۲۳±۰/۰۴^{bB}	۱/۳۲±۰/۰۱^{bC}	۱/۴۱±۰/۰۱^{bD}
	YD۳	۱/۲۰±۰/۰۵^{dA}	۱/۲۵±۰/۰۵^{bB}	۱/۳۵±۰/۰۱^{cdC}	۱/۴۴±۰/۰۱^{bcD}
	YD٤	۱/۲۳±۰/۰۴^{dA}	۱/۲۹±۰/۰۴^{cB}	۱/۴۰±۰/۰۴^{dC}	۱/۴۸±۰/۰۴^{cD}
ظرفیت نگهداری آب (درصد)	CFY	۶۰/۹۶±۰/۰۵^{aD}	۵۹/۸۰±۰/۰۹^{aC}	۵۸/۵۴±۰/۰۶^{aB}	۵۶/۳۴±۰/۰۹^{aA}
	YD۱	۶۲/۵۳±۰/۰۸^{bD}	۶۱/۰۵±۰/۰۸^{bC}	۵۹/۳۶±۰/۰۵^{bB}	۵۷/۳۶±۰/۰۵^{bA}
	YD۲	۶۳/۰۶±۰/۰۷^{cD}	۶۲/۶۳±۰/۱۰^{cC}	۶۱/۰۶±۰/۱۰^{bcB}	۵۹/۰۶±۰/۰۹^{cA}
	YD۳	۶۵/۰۴±۰/۱۴^{dD}	۶۴/۱۴±۰/۱۲^{dC}	۶۲/۷۷±۰/۰۸^{cB}	۶۰/۷۵±۰/۰۸^{dA}
	YD٤	۶۵/۶۰±۰/۱۱^{dD}	۶۴/۳۴±۰/۰۹^{dC}	۶۳/۳۲±۰/۰۸^{cB}	۶۱/۳۲±۰/۰۷^{dA}
آب‌اندازی (گرم/۲۵ گرم)	CFY	۸/۴۸±۰/۰۳^{dA}	۸/۵۵±۰/۰^{eB}	۸/۶۰±۰/۰۱^{dB}	۸/۶۹±۰/۱۱^{eC}
	YD۱	۸/۲۵±۰/۱۳^{cA}	۸/۳۳±۰/۱۰^{dAB}	۸/۴۶±۰/۰۸^{dB}	۸/۵۷±۰/۰۸^{eB}
	YD۲	۷/۵۴±۰/۰۵^{bA}	۷/۶۵±۰/۰۴^{cB}	۷/۸۳±۰/۰۳^{eC}	۸/۰۱±۰/۰۳^{bC}
	YD۳	۷/۱۱±۰/۱۲^{abA}	۷/۲۳±۰/۱۲^{bAB}	۷/۳۵±۰/۰۹^{bBC}	۷/۴۷±۰/۰۹^{aC}
	YD٤	۶/۸۶±۰/۱۰^{aA}	۷/۰۵±۰/۰۱۴^{aB}	۷/۱۹±۰/۱۱^{aBC}	۷/۳۰±۰/۱۱^{aC}
ویسکوزیته (سانتی پوآز)	CFY	۷۸۵۰±۱۷۰^{aC}	۷۵۵۵±۱۲۰^{aB}	۷۳۵۰±۳۵^{aA}	۷۱۵۰±۷۵^{aA}
	YD۱	۸۴۸۰±۹۰^{bC}	۸۲۵۰±۴۰^{abB}	۸۰۵۵±۶۰^{bA}	۷۸۵۵±۶۵^{bA}
	YD۲	۸۹۲۰±۱۲۰^{bcC}	۸۷۵۵±۶۵^{bB}	۸۴۲۰±۷۵^{cA}	۸۲۸۰±۷۵^{bcA}
	YD۳	۹۲۶۰±۲۰^{cC}	۸۸۹۵±۶۵^{bB}	۸۶۴۵±۷۰^{cA}	۸۵۰۰±۷۰^{cA}
	YD٤	۱۱۲۵۰±۳۵^{dC}	۱۱۰۶۵±۹۰^{cB}	۱۰۹۸۰±۱۰۰^{dA}	۱۰۸۶۰±۸۰^{dA}

*مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش گردیده است.

*حروف کوچک و بزرگ به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در ستون و سطر در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

۳-۲- پروتئین، چربی و ماده خشک

مطابق با جدول ۵ با افزودن پودر خرما درصد پروتئین، چربی و ماده‌خشک نمونه‌های ماست حاوی پودر خرما نسبت به نمونه شاهد تغییرات معنی‌داری ازلحاظ آماری مشاهده گردید($p<۰/۰۵$). نتایج به‌دست‌آمده از پروتئین نمونه‌های ماست نشان داد که افزودن پودر خرما سبب افزایش معنی‌دار پروتئین ماست در مقایسه با نمونه شاهد شد($p<۰/۰۵$). با افزایش میزان پودر خرما درصد ماده خشک نمونه‌های ماست حاوی پودر خرما نسبت به نمونه شاهد تغییرات معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$) و با افزایش جایگزینی پودر خرما میزان درصد ماده خشک‌نمونه‌ها ماست نیز افزایش پیدا کرد. به‌طوری‌که پایین‌ترین درصد ماده خشک مربوط به نمونه شاهد (فاقد پودر خرما) و بالاترین میزان درصد ماده خشک مربوط به نمونه حاوی۴ درصد پودر خرما بود. هم‌چنین با توجه به مقادیر چربی شیر مورد استفاده در تولید نمونه های ماست، مطابق انتظار نمونه شاهد (۳ درصد چربی) دارای بیشترین میزان چربی بود.گچ پزیان و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که میزان ماده خشک نمونه ماست حاوی ۹ درصد پودرگردو بالاتر از سایر نمونه‌های بود که علت این امر مربوط به بالاتر بودن درصد پودر گردو و درصد چربی آن می‌باشد(۱۱). دمیرجی و همکاران (۲۰۲۰) تاثیر شکستن گرم و سرد پودر گوجه فرنگی را بر روی زنده‌مانی باکتری پروبیوتیکی لاکتوباسیلوس پاراکازئی گونه پاراکازئیF19، ویژگی‌های‌بافتی‌و فعالیت آنتی‌اکسیدانی‌ماست قالبی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که افزودن پودر گوجه فرنگی سبب افزایش ماده‌خشک نمونه‌ها می‌شود(۲۷).

جدول ۵- نتایج حاصل از اندازه‌گیری پروتئین، چربی و ماده خشک نمونه‌های ماست

نمونه	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	ماده خشک (درصد)
CFY	۳/۵۸±۰/۰۵^{a}	۳/۰۰±۰/۰۵^{b}	۱۳/٤۷±۰/۰۹^{a}
YD۱	۳/۷۳±۰/۰۰^{a}	۱/۵۰±۰/۰۰^{a}	۱٤/۲۷±۰/۱۲^{b}
YD۲	۳/۹۸±۰/۰۵^{ab}	۱/۵۵±۰/۰۵^{a}	۱٤/۸۲±۰/۰۸^{bc}
YD۳	٤/۱۹±۰/۰۷^{b}	۱/۵۵±۰/۰۵^{a}	۱۵/۳۲±۰/۱۰^{c}
YD٤	٤/۳۵±۰/۱۰^{b}	۱/٦۵±۰/۰۵^{a}	۱۵/۷۷±۰/۱۳^{d}

*مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش گردیده است.

*حروف کوچک بیانگر اختلاف معنی‌دار در ستون در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

۳-۳- آزمون‌های بافتی

نتایج حاصل از بررسی آزمون بافتی در روزهای اول و بیست و دوم انبارداری در جدول ۶ نشان داده‌شده است. مطابق نتایج حاصل‌شده، تفاوت معنی‌داری در بین نمونه‌های ماست از نظر ویژگی‌های‌سختی، کشسانی، پیوستگی و چسبندگی وجود داشت($p<۰/۰۵$). نتایج حاصل از گذشت زمان برمیزان‌سختی‌معنی‌دار نبود. همچنین با افزودن ۱درصد پودر خرما به نمونه‌های ماست میزان سختی به لحاظ آماری با نمونه شاهد (فاقد پودر خرما) تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>۰/۰۵$). اما با افزایش مقدار پودر خرما به میزان بیشتر از ۱درصد سختی نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافت($p<۰/۰۵$). افزایش سختی بافت در محصولات حاوی پودر خرما را می‌توان به خاصیت هیدراته شدن یا جذب آب توسط پودر خرما نسبت داد (۳۲). زمردی (۲۰۱۲) طی تحقیقی نشان داد که افزایش فیبر گندم موجب کاهش درصد رطوبت و بالا رفتن ماده خشک و درنتیجه سختی بافت در ماست میوه‌ای می‌گردد(۷). شاهان و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی تولید ماست بدون چربی با استفاده از بتاگلوکان‌گزارش کردند بتاگلوکان سختی ماست را افزایش می‌دهد که نتایج این بررسی را تأیید می‌کند(۴۱). جایگزینی فاز آبی توسط پودر فرآورده‌های غذایی دارای

فیبر موجب استحکام شبکه ژلی می‌گردد. در اثر افزودن فیبر به ماست، شبکه مستحکمی بین فیبر و پروتئین‌های شیر تشکیل می‌شود.همچنین توانایی فیبرها در اتصال به مولکول‌های آب و تداخل با اجزای شیر به‌ویژه پروتئین‌ها و درنتیجه پایداری شبکه پروتئین‌ها می‌تواند سبب افزایش سختی در ماست شود(۴۴). افزودن پودر خرما در مقدار ۱ درصد موجب عدم تغییر معنی‌داری پیوستگی در قیاس با نمونه شاهد شد($p>0/05$). این درحالی بود که با افزایش پودر خرما به نسبت‌های ۲، ۳ و ۴ درصد پیوستگی نمونه‌های ماست نسبت به نمونه شاهد به طور معناداری افزایش یافت ($p<0/05$). با افزایش میزان پودر خرما چسبندگی در نمونه‌های حاوی پودر خرما کاهش یافت ($p<0/05$). تأثیر مدت‌زمان انبارداری بر چسبندگی نمونه ماست شاهد و نمونه دارای ۱ و ۲ درصد پودر خرما معنی‌دار نبود ($p>0/05$)، درحالی‌که چسبندگی نمونه ماست حاوی ۳ و ۴ درصد پودر خرما با افزایش مدت‌زمان انبارداری افزایش یافت ($p<0/05$). همچنین، افزودن پودر خرما سبب افزایش معنی‌دار خاصیت کشسانی همه‌ی نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد پودر خرما) شد. اما با افزایش میزان پودر خرما از ۱ به ۴ درصد خاصیت کشسانی نمونه‌ها کاهش یافت ($p<0/05$). در این راستا اکبر و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که شیره خرما در سطوح مختلف سبب بهبود خاصیت کشسانی و چسبندگی می‌شود ولی در سطوح بالا به علت سست کردن ساختار ژلی و پروتئینی ماست، نیروی جاذبه بین ذرات را کاهش می‌دهد(۳).

جدول٦- نتایج حاصل از ارزیابی آزمون بافت در نمونه‌های ماست

آزمون بافتی	نمونه	روز ۱	روز ۲۲	آزمون بافتی	نمونه	روز ۱	روز ۲۲
سختی بافت	CFY	۰/۱٦±۰/۰۵^{aA}	۰/۱۳±۰/۰۱^{aA}	پیوستگی	CFY	۰/۳۷±۰/۰۸^{aA}	۰/٦۹±۰/۰٦^{aB}
	YD۱	۰/۱٦±۰/۰۱^{aA}	۰/۱٤±۰/۰٤^{aA}		YD۱	۰/۳۷±۰/۰۷^{aA}	۰/۷۳±۰/۰٦^{aB}
	YD۲	۰/۱۸±۰/۰٦^{bA}	۰/۱٦±۰/۰۲^{bA}		YD۲	۰/۳۹±۰/۰٤^{abA}	۰/۸۰±۰/۰۵^{bB}
	YD۳	۰/۱۹±۰/۰۵^{bA}	۰/۱٦±۰/۰۵^{bA}		YD۳	۰/٤۱±۰/۰۷^{abA}	۰/۸۷±۰/۰٦^{cB}
	YD٤	۰/۲۱±۰/۰۳^{cA}	۰/۱۹±۰/۰٤^{cA}		YD٤	۰/٤٤±۰/۰۷^{bA}	۰/۹۱±۰/۰۳^{cB}
چسبندگی	CFY	۰/۱۰±۰/۰۲^{aA}	۰/۱۵±۰/۰۱^{aA}	کشسانی	CFY	۰/۹۱±۰/۰۲^{aB}	۰/٦۲±۰/۰۵^{aA}
	YD۱	۰/٤۰±۰/۰۲^{cA}	۰/٤۵±۰/۰۵^{cA}		YD۱	۲/۸٦±۰/۰۵^{dB}	۲/٦٤±۰/۰۷^{dA}
	YD۲	۰/٤۰±۰/۰۲^{cA}	۰/٤۵±۰/۰٤^{cA}		YD۲	۲/۳۳±۰/۰۱^{cB}	۲/۱۱±۰/۰۷^{cA}
	YD۳	۰/۳۰±۰/۰۱^{bA}	۰/٤۰±۰/۰۰^{bcB}		YD۳	۱/۹۱±۰/۰٤^{bB}	۱/۷٤±۰/۰۳^{bA}
	YD٤	۰/۲۵±۰/۰۱^{bA}	۰/۳۵±۰/۰۱^{bB}		YD٤	۱/۷۵±۰/۰۸^{bB}	۱/۵٤±۰/۰۳^{bA}

*مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش گردیده است.

*حروف کوچک و بزرگ به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در ستون و سطر در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

۳-٤- آزمون‌های حسی

خواص حسی از عوامل اساسی پذیرش یا رد بسیاری از فرآورده‌ها و کسب رضایت از مصرف آن‌ها است. بررسی ویژگی‌های حسی (مزه و بو، ظاهر و رنگ، قوام و بافت، ارزیابی کلی) نمونه‌ها در روز اول، هشتم، پانزدهم و بیست و دوم از انبارداری صورت پذیرفت. همان‌گونه که در جدول۷ مشاهده می‌شود در تمام ویژگی‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری در بین نمونه‌ها وجود دارد. شکل ظاهری و خصوصیات حسی محصول مانند بو و مزه تأثیر زیادی در مقبولیت آن توسط مصرف‌کننده دارد. ازاین رو ارزیابی حسی ماده‌غذایی به‌منظور بررسی ویژگی حسی آن ضروری است. هرچه میزان ماده‌خشک افزایش یابد میزان آب‌اندازی کاهش‌یافته و در اثر تغییر درانعکاس نورکدورت محصول نیز افزایش می‌یابد وتأثیر معنی‌داری بر روی امتیاز رنگ دارد، به طوری که با افزودن پودر خرما روند امتیاز ظاهر و رنگ در نمونه‌های ماست دچار کاهش شد($p<۰/۰۵$). با افزایش میزان پودر خرما تغییرات ظاهر و رنگ بیشتر شده و رنگ نمونه‌های حاوی ۴ درصد پودر خرما از نظر ارزیابان مطلوب نبود. هم‌چنین با گذشت زمان، امتیاز ظاهر و رنگ بطور معنی‌داری کاهش یافت($p<۰/۰۵$). نتایج پژوهش صورت گرفته توسط احمدنیا و سحری (۲۰۰۸) نیز نشان داد که افزایش بیش از حد پودر خرما در تافی شکلاتی، از کیفیت رنگ و ظاهر محصول می‌کاهد(۱). امتیاز قوام و بافت در نمونه‌های ماست با افزودن پودر خرما افزایش یافت($p<۰/۰۵$). بالا بودن ویژگی قوام و قابلیت قاشق برداری می‌تواند موجب افزایش امتیاز کلی شود. با افزایش درصد ماده‌ی خشک در نمونه‌های ماست میزان آب‌اندازی کاهش پیدا می‌کند. در نهایت با کاهش میزان آب‌اندازی بافت ماست سفت‌تر و قوام هم بهبود پیدا می‌کند. نتایج پژوهش‌های پیشین نیز مؤید این امر می‌باشد که بالاتر بودن میزان ماده خشک به علت کاهش میزان آب‌اندازی و بهبود خصوصیات بافتی امری مطلوب تلقی می‌شود(۴۶). گارچیا پرز و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که با افزایش فیبر در ماست بافت و قوام بهبود پیدا می‌کند اما کیفیت حسی آن کاهش می‌یابد. با افزایش میزان فیبر خواص حسی نمونه‌های ماست از دید مصرف‌کنندگان کاهش می‌یابد(۳۰). هم‌چنین با گذشت زمان امتیاز قوام و بافت نمونه‌های تولیدی کاهش یافت، اما این کاهش معنی‌دار نبود($p>۰/۰۵$). مقایسه این ویژگی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش میزان پودر خرما میزان امتیاز مزه و بو کاهش پیدا کرد. به‌طوری‌که بالاترین میزان مزه و بو مربوط به نمونه شاهد (فاقد پودرخرما) و پایین‌ترین میزان مزه و بو مربوط به نمونه ماست حاوی ۴درصد پودرخرما بود. گذشت زمان باعث کاهش معنی‌دار در امتیاز مزه و بو شد ($p<۰/۰۵$). نتایج حاصل از ارزیابی کلی موید این نکته است که با افزودن پودر خرما مطلوبیت کلی نمونه‌های ماست کاهش می‌یابد و در بین نمونه‌های حاوی پودر خرما، به‌ترتیب نمونه حاوی ۱ و ۴ درصد پودر خرما بیشترین و کمترین مطلوبیت را دارا بودند. از سویی دیگر گذشت زمان نیز اثر نامطلوبی بر روی ارزیابی کلی نمونه‌ها داشته و با گذشت زمان ارزیابی کلی در تمامی نمونه‌ها دچار کاهش شد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۷- نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه های ماست

آزمون حسی	نمونه	روز ۱	روز ۸	روز ۱۵	روز ۲۲
رنگ و ظاهر	CFY	٤/٩٤ ±٠/٠٧^{bB}	٤/٨٨ ±٠/٠٧^{bB}	٤/٨٢ ±٠/٠٧^{bA}	٤/٧٧ ±٠/٠٧^{bA}
	YD١	٤/٨٨ ±٠/٠٧^{abB}	٤/٨٢ ±٠/٠٤^{abB}	٤/٧٧ ±٠/٠٧^{abA}	٤/٧١ ±٠/٠٧^{abA}
	YD٢	٤/٨٨ ±٠/٠٠^{abB}	٤/٧٧ ±٠/٠٦^{abAB}	٤/٧١ ±٠/٠١٤^{aA}	٤/٧١ ±٠/٠٤^{abA}
	YD٣	٤/٨٢ ±٠/٠٧^{abB}	٤/٧٧ ±٠/٠٧^{abB}	٤/٦٦ ±٠/٠١^{aA}	٤/٦٦ ±٠/٠١^{aA}
	YD٤	٤/٧٧ ±٠/٠١٤^{aB}	٤/٧١ ±٠/٠١^{aB}	٤/٦٦ ±٠/٠٦^{aA}	٤/٦١ ±٠/٠٦^{aA}
بافت و قوام	CFY	٤/٨٨±٠/٠٧^{aA}	٤/٨٨±٠/٠٧^{aA}	٤/٨٢±٠/٠٢^{aA}	٤/٧٧±٠/٠٢^{aA}
	YD١	٤/٨٨±٠/٠٨^{aA}	٤/٨٨±٠/٠١^{aA}	٤/٨٢±٠/٠٦^{aA}	٤/٧٧±٠/٠٦^{aA}
	YD٢	٤/٩٤±٠/٠٠^{abA}	٤/٨٨±٠/٠٧^{aA}	٤/٨٨±٠/٠٢^{abA}	٤/٧٧±٠/٠٢^{aA}
	YD٣	٤/٩٤±٠/٠٧^{bA}	٤/٩٤±٠/٠٧^{abA}	٤/٨٨±٠/٠٢^{abA}	٤/٨٢±٠/٠٢^{abA}
	YD٤	٥/٠٠±٠/٠٧^{bA}	٥/٠٠±٠/٠٢^{bA}	٤/٩٤±٠/٠٢^{bA}	٤/٩٤±٠/٠٢^{bA}
بو و مزه	CFY	٩/٩٤±٠/٠١^{aB}	٩/٨٨±٠/٠٦^{aAB}	٩/٨٨±٠/٠١^{aAB}	٩/٧١±٠/٠١^{aA}
	YD١	٩/٨٢±٠/٠٤^{aB}	٩/٧٧±٠/٠٩^{aB}	٩/٧١±٠/٠٤^{aAB}	٩/٦٦±٠/٠٤^{aA}
	YD٢	٩/٦٦±٠/٠١^{abC}	٩/٤٩±٠/٠٦^{abBC}	٩/٣٣±٠/٠١^{bB}	٩/١١±٠/٠١^{abA}
	YD٣	٩/١٦±٠/٠١^{bC}	٩/٠٠±٠/٠١^{bC}	٨/٨٨±٠/٠٦^{bB}	٨/٧١±٠/٠٦^{bA}
	YD٤	٨/٨٨±٠/٠٤^{cC}	٨/٧١±٠/٠١^{cB}	٨/٥٥±٠/٠٦^{cAB}	٨/٢٧±٠/٠٦^{cA}
ارزیابی کلی	CFY	١٩/٧٦±٠/٠٤^{dC}	١٩/٦٤±٠/٠٠^{eBC}	١٩/٥٢±٠/٠٣^{eB}	١٩/٢٥±٠/٠٣^{dA}
	YD١	١٩/٥٨±٠/٠١^{cdC}	١٩/٤٧±٠/٠١^{dBC}	١٩/٣٠±٠/٠١^{dB}	١٩/١٤±٠/٠١^{dA}
	YD٢	١٩/٤٨±٠/٠١^{cC}	١٩/١٤±٠/٠١^{cBC}	١٨/٩٢±٠/٠١^{cB}	١٨/٥٩±٠/٠١^{cA}
	YD٣	١٨/٩٢±٠/٠٨^{bD}	١٨/٧١±٠/٠١^{bC}	١٨/٤٢±٠/٠٣^{bB}	١٨/١٩±٠/٠٣^{bA}
	YD٤	١٨/٦٥±٠/٠١^{aC}	١٨/٤٢±٠/٠٨^{aB}	١٨/١٥±٠/٠٩^{aAB}	١٧/٨٢±٠/٠٩^{aA}

*مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش گردیده است.

*حروف کوچک و بزرگ به ترتیب بیانگر اختلاف معنی دار در ستون و سطر در سطح احتمال ٥ درصد می باشند.

٤- نتیجه‌گیری

کاهش چربی در مواد غذایی منجر به آسیب جدی به بافت، خصوصیات رئولوژیکی و طعم محصول می‌شود. در این پژوهش سعی بر این شده است که با استفاده از پودر خرما (جایگزین چربی بر پایه کربوهیدرات) این مشکل به حداقل رسیده و نزدیکترین محصول کم‌چرب از نظر خصوصیات بافتی، فیزیکوشیمیایی و حسی با ماست تولید شده از شیر پرچرب مشخص شود. با افزودن با افزودن پودر خرما به ماست، میزان pH کاهش و مقدار اسیدیته افزایش یافت. روند تولید لاکتیک اسید و افت pH در نمونه‌های ماست حاوی درصدهای مختلف پودر خرما در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد پودر خرما) بیشتر بود و در انتهای نگهداری، افزایش اسیدیته در این نمونه‌ها مشاهده شد. نمونه حاوی ۴درصد پودر خرما در مقایسه با سایر نمونه‌ها، بالاترین میزان ظرفیت نگهداری آب و ویسکوزیته را دارا بود و در مقابل، بیشترین میزان آب‌اندازی در نمونه شاهد مشاهده شد. نتایج آزمون‌های بافتی نشان داد، با افزودن پودر خرما میزان سختی، کشسانی، چسبندگی و پیوستگی نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. اضافه کردن پودر خرما به ماست سبب کاهش امتیازهای مربوط به ویژگی‌های حسی غیر از قوام و بافت شد. بررسی نتایج آزمون‌های حسی انجام شده بر روی ماست قالبی کم‌چرب حاوی پودر خرما نشان داد

که افزودن مقدار پودر خرما به میزان زیاد، باعث کاهش امتیازات حسی و مقبولیت کلی ماست حاصل می شود و نباید در استفاده از آن زیاده روی کرد و در این مورد نمونه ماست حاوی ۱درصد پودر خرما نسبت به سایر نمونه‌های غنی‌شده با پودر خرما دارای پذیرش کلی بالاتری بود و به‌طورکلی کم‌ترین اختلاف را از نظر خصوصیات فزیکوشیمیایی، بافتی و حسی با نمونه پرچرب دارا بود. نتایج این تحقیق نشان داد که در راستای برنامه‌ی کاهش کالری در مواد غذایی، استفاده از محصولات بومی مانند خرما در فرمولاسیون فرآورده‌های لبنی می‌تواند منجر به تولید یک غذای فراسودمند شده و انتخاب جدیدی برای مصرف کنندگان محصولات لبنی فراهم نماید.

۵- منابع

۱. احمدنیا، الف. و سحری، م.، ع. ۱۳۸۷. استفاده از پودر خرما در فرمولاسیون تافی شکلاتی. *علوم و صنایع غذایی ایران*، جلد ۵، شماره ۳، ۸-۱.

۲. اردبیلی، الف.، حبیبی نجفی، م. و حداد خداپرست، م. ۱۳۸٤. بررسی تأثیرجایگزینی شکر با شیره خرما بر ویژگی های فیزیکی و حسی بستنی نرم. پژوهش *های علوم و صنایع غذایی ایران*، جلد ۱، شماره ۲، ۸-۱.

۳. اکبر، ر.، سلطانی، م. و مصلحی‌شاد، م. ۱۳۹۸. تاثیر استفاده از شیره خرما بر ویژگی‌های کیفی ماست بدون چربی. پژوهش*های صنایع غذایی*، جلد ۲۹، شماره ٤، ۲۱۵-۲۰۱.

٤. امیری‌عقدایی، س.، اعلمی، م. و رضایی، ر. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر هیدروکلوئید دانه اسفرزه بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست کم چرب. پژوهش *های علوم و صنایع غذایی ایران*، جلد٦، شماره۳، ۲۰۹-۲۰۱.

۵. حجتی، م.، الهایی، ع. ۱۳۹٦. بررسی امکان استفاده از آرد میوه کنار در تولید ماست طعم‌دار، *اولین کنگره بین-المللی و پنجمین کنگره ملی ارگانیک در برابر کشاورزی* سنتی، اردبیل.

٦. دیبازر، پ.، خسروشاهی اصل، الف. و زمردی، ش. ۱۳۹٤. تاثیر افزایش فیبر انگور و کیتوزان بر برخی از ویژگی‌های ماست میوه‌ای پروبیوتیک حاوی لاکتوباسیلوس فرمنتوم در طول نگهداری. *نشریه پژوهش-های صنایع غذایی*، جلد ۲۵، شماره ٤، ٦۵۳-٦٤۰.

۷. زمردی، ش. ۱۳۹۱. ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، رئولوژیکی و حسی ماست میوه ای غنی شده با فیبر گندم. *نشریه پژوهش های صنایع غذایی*، جلد۲۲، شماره٤، ٤٥٤ -٤٤۳.

۸. طباطبائی‌یزدی، ف.، مرتضوی، ع.، شهیدی‌نوقابی، م.، حکیم‌زاده، و. و حکیم عطار، ب. ۱۳۸۹. تکنولوژی شیر و فرآورده‌های‌لبنی، جلد اول، انتشارات ترجمان خرد، تهران، ۱۱۰-٦۵.

۹. فروزانی، م. ۱۳۸۱. مبانی تغذیه ، چاپ ششم، انتشارات چهر تهران، تهران، ٦۹-۵۰.

۱۰. کریم، گ. ۱۳۸٦. بهداشت و فناوری شیر، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، صفحه ۱۳۲.

۱۱. گچ‌پزیان، ع.، آزادمرد دمیرچی، ص.، حصاری، ج.، پیغمبردوست، ه.، نعمتی، م.، علیجانی، ص. و احمدی اقدم، ع. ۱۳۹۲. تولید ماست غنی سازی شده با پودر گردو. *پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران*، سال نهم، شماره ٤، ۳۷۳-۳٦٦.

۱۲. مستشاری، پ.، پیغمبردوست، ه.، آزاد مرد دمیرچی، ص. و مجذوبی، م. ۱۳۹۰. بررسی کاربردهای غذایی و خواص دارویی هسته خرما، بیستمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی، *دانشگاه صنعتی شریف*، تهران.

۱۳. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳٤٤، تعیین مقدار ازت تام شیر. استاندارد ملی ایران،شماره ٦۳۹.

۱٤. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۷۱، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون شیر و فرآورده‌های آن- تعیین pH و اسیدیته. استاندارد ملی ایران، شماره ۲۸۵۲، چاپ اول.

۱۵. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹٤، خشکبار- اندازه‌گیری مقدار رطوبت- روش‌های آزمون.

استاندارد ملی ایران، شماره ۶۷۲، تجدید نظر اول.

۱۶. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۸، ماست ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی ایران، شماره ۶۹۵، تجدید نظر پنجم.

۱۷. میرعظیمی، ف. و سلطانی، م. ۱۳۹۷. بررسی تاثیر پودر گلابی بر ویژگی‌های کیفی ماست کم‌چرب، پایان-نامه کارشناسی ارشد رشته علوم و مهندسی صنایع غذایی، گرایش صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم پزشکی تهران، دانشکده داروسازی.

18. Al-kadamany, E., Khattar, M. Haddad, T. and Toufeili, I. 2003. Estimation of shelf life of concentration yoghurt by monitoring selected microbiological and physicochemical changes during storage. *Food Science and Technology*, 36(4):407-414.

19. Amira, E., F. Guido, S., Behija, I., Manel, Z., Nesrine, F., Ali, H. et al. 2011. Chemical and aroma volatile compositions of date palm (Phoenix dactylifera L.) fruit at three maturation stages. *Food Chemistry*, 127(4):1744-1754.

20. AOAC. 2005. Official methods of analysis. Association of official analytical chemists, 18th ed. Washington, DC.

21. Bakirci, I. and Kavaz, A. 2008. An investigation of some properties of banana yogurts made with commercial ABT-2 starter culture during storage. *International Journal of Dairy Technology*, 61(3):270-276.

22. Baliga, M. S., Baliga, B. R. V., Kandathil, S. M., Bhat, H. P. and Vayalil, P. K. 2011. A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (Phoenix dactylifera L.). *Food research international*, 44(7): 1812-1822.

23. Biglari, F. 2009. Assessment of antioxidant potential of date (Phoenix dactylifera) fruits from Iran, Effect of cold storage and addition to minced chicken meat. Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, Univesiti Sains Malaysia.

24. Brennan, C.S. and Tudorica, C.M. 2008. Carbohydrate-based fat replacers in the modification of the rheological. Textural and sensory quality of yoghurt: comparative study of the utilisation of barley beta-glucan. Guar gum and inulin. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(5):824-833.

25. Casarotti, S. N. and Penna, A.L.B. 2015. Acidification profile, probiotic in vitro gastrointestinal tolerance and viability in fermented milk with fruit flours. *International Dairy Journal*, 41: 1-6.

26. Dai, S., Corke, H. and Shah, N. P. 2016. Utilization of konjac glucomannan as a fat replacer in low-fat and skimmed yogurt. *Journal of dairy science*, *99*(9):7063-7074.

27. Demirci, T., Sert, D., Aktaş, K., Atik, D. S., Negiş, H. İ. Ö. and Akın, N. 2020. Influence of hot and cold break tomato powders on survival of probiotic L. paracasei subsp. paracasei F19, texture profile and antioxidative activity in set-type yoghurts. *Food Science and Technology*, 118.

28. Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. and Attia H. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food chemistry*, 124(2):411-21.

29. Gahruie, H.H., Eskandari, M.H. and Mesbahi, G. 2019. Development of functional yogurt fortified with wheat germ and strawberry as functional ingredients. *Progress in Nutrition*, 21(1-S): 388-398.

30. Garcıa-Perez F.J, Lario, Y., Sayas-Barbera, E., Sendra, E., Perez-Alvarez J.A, Fernandez-Lopez, J. et al. 2006. Rheology of orange fiber enriched yogurt, *Milchwissenschaft*,61(1):55–59.

31. Haque, Z.U. and Ji, T. 2003. Cheddar whey processing and source: II. Effect on non-fat ice cream and yoghurt 1. *International journal of food science & technology*, 38(4):463-73.

32. Hernández-Ledesma, B., Mar Contreras, M. and Recio, I. 2011. Antihypertensive peptides: Production, bioavailability and incorporation into foods. *Advances in Colloid and Interface Science*, 165(1): 23–35.

33. Hussein, H., Awad, S., El-Sayed, I. and Ibrahim, A. 2020. Impact of chickpea as prebiotic, antioxidant and thickener agent of stirred bio-yoghurt. *Annals of Agricultural Sciences*. (Article in press)

34. Kieserling, K., Vu, T.M., Drusch, S. and Schalow, S. 2019. Impact of pectin-rich orange fibre on gel characteristics and sensory properties in lactic acid fermented yoghurt. *Food hydrocolloids*, *94*: 152-163.

35. Lucey, J. A. 2004. Cultured dairy products: An overview of their gelation and

texture properties. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3):77-84.
36. Mantzouridou, F. T., Naziri, E., Kyriakidou, A., Paraskevopoulou, A., Tsimidou, M. Z. and Kiosseoglou, V. 2019. Oil bodies from dry maize germ as an effective replacer of cow milk fat globules in yogurt-like product formulation. *Food Science and Technology*, 105: 48-56.
37. Marand, M. A., Amjadi, S., Marand, M. A., Roufegarinejad, L. and Jafari, S. M. 2020. Fortification of yogurt with flaxseed powder and evaluation of its fatty acid profile, physicochemical, antioxidant, and sensory properties. *Powder Technology*, 359: 76-84.
38. Marshall, T. R. 2005. Standard methods for the examination of dairy products. American public health association. Washington, DC. 450p.
39. Meilgaard, M., Civille, G. and. Carr, V.1999. Sensory Evaluation Techniques. 3rd Edition. CRC Press; USA.
40. Najgebauer-Lejko, D., Sady, M., Grega, T. and Walczycka, M. 2011. The impact of tea supplementation on microflora, pH and antioxidant capacity of yoghurt. *International Dairy Journal*, 21(8): 568-574.
41. Sahan, N., Yasar, K. and Hayaloglu, A. A. 2008. Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β-glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*, 22(7):1291-1297.
42. Sanderson, G. R. 1990. Gellan gum. In Food gels, Springer, Dordrecht, 201-232.
43. Staffolo, M. D., Bertola, N. and Martino, M. 2004. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. *International Dairy Journal*, 14(3): 263-268.
44. Syrbe, A., Bauer, W. J. and Klostermeyer, H. 1998. Polymer science concepts in dairy systems—an overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. *International Dairy Journal*, 8(3):179-93.
45. Tarakçi, Z. and Küçüköner, E. 2003. Physical, Chemical, Microbiological and Sensory Characteristics of Some FruitFlavored Yoghurt. *YYÜ Vet Fak Derg*, 14(2):10–14.
46. Tamime, A. Y., Barrantes, E. and Sword, A. M. 1996. The effects of starch based fat substitutes on the microstructure of set-style yogurt made from reconstituted skimmed milk powder. *Journal of the Society of Dairy Technology*, 49(1): 1–10.
47. Vieira, N. F., Silva, M. A. P. D., Martins, Y. A. A., Souza, D. G., Lima, M. S., Plácido, G. R. and Caliari, M. 2015. Physicochemical and sensory profile of yogurt added with passion fruit peel flour. *African journal of biotechnology*, 14(2): 149-155.
48. Zimecki, M. and Kruzel, M. L. 2007. Milk-derived proteins and peptides of potential therapeutic and nutritive value. *Journal of Experimental Therapeutics and Oncology*, 6(2): 89-106.

(Original Research Paper)

Effect of Using Date Powder on Physicochemical, Textural and Sensory Properties of Low-Fat Set-Type Yoghurt

Niloufar Mehrjou[1], Mostafa Soltani[2*], Soodeh Mohammadi[1]

1- MSc Student of Food Sciences and Technology, Faculty of Pharmacy, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Food Sciences and Technology, Nutrition and Food Sciences Research Center, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received:13/06/2020 Accepted:13/10/2020

Abstract

In this research, regarding to nutritional properties of date powder and ability of its fiber on improvement of physicochemical and texture properties of food products, the effect of addition of date powder on quality characteristics of low-fat set-type yoghurt during 22 days of storage was incestigated. For this purpose, five yoghurt samples were manufactured from full-fat milk (3% of fat) and with addition of date powder in four different amounts of 1, 2, 3 and 4 % (w/v) to low-fat milk (1.5% of fat).Yoghurt samples were then stored in a refrigerator (4±1°C) for 22 days and their physicochemical, texture and sensory properties were evaluated during storage. The results showed that addition of date powder caused to significant decrease in pH, synersis, springiness, adhesiveness, appearance and color and odor and flavor and significant increase in acidity, water holding capacity, viscosity, hardness, cohesiveness and consistency of low-fat set-type yoghurt samples ($p<0.05$). In terms of sensory properties, the yogurt containing 1% (w/v) of date powder received the highest acceptability compared with other samples. In conclusion, using 1% (w/v) of date powder had the best result in manufacturing of low-fat set-type yoghurt in terms of physicochemical, texture and sensory properties.

Keywords: Date Powder, Low-Fat Yoghurt, Texture Properties, Sensory Properties, Physicochemical Properties.

*Corresponding Author: m.soltani@iaups.ac.ir