مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی ماست غنی‌شده حاوی پودر کدوحلوایی

سیمین دخت جوهری[۱]، سید حسین حسینی قابوس[۲*]، طاهر شاهی [۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاداسلامی، آزادشهر، ایران

۲- استادیار مرکز تحقیقات صنایع غذایی شرق گلستان، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

۳- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاداسلامی، آزادشهر، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۹ /۰۷/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۱/۱۸

کلمات کلیدی:

اسیدیته،

الاستیک،

کدوحلوایی،

ماست،

ویسکوالاستیک.

DOI: 10.52547/fsct.18.05.28

* مسئول مکاتبات:

Hosseinighaboos@yahoo.com

چکیده

محبوبیت ماست به دلیل میزان بالای کلسیم، ویتامین‌ها،مواد معدنی و میزان پایین چربی آن و همچنین به دلیل اثر سلامت بخشی و مهار باکتری‌های مضر و کمک به افزایش طول عمر می‌باشد. کدوحلوایی یک منبع مناسب از بتاکاروتن، ویتامین‌های محلول در آب و اسیدهای آمینه است. در این پژوهش آب اندازی، pH، اسیدیته و ویژگی‌های رئولوژیکی ماست (۱/۵ درصد چربی) حاوی ۰، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد پودر کدوحلوایی بررسی شد. نتایج نشان داد بیشترین میزان اسیدیته (۷٤ دورنیک) مربوط به نمونه شاهد بود. نتایج نشان داد با افزودن ۲/۵٪ پودر کدوحلوایی به نمونه شاهد قدرت ژل تشکیل شده کم شد و با افزایش غلظت تا ۷/۵٪ این ویژگی افزایش یافت. در بررسی رفتار ویسکوالاستیک نمونه‌ها مشخص شد که با افزودن غلظت ۲/۵٪ پودر به نمونه شاهد نسبت جزء ویسکوز به الاستیک افزایش می‌یابد، اما با افزایش بیشتر غلظت این نسبت تقریباً یکسان باقی‌مانده و بنابراین رفتار ویسکوالاستیک متعادل باقی می‌ماند. مقادیر تانژانت افت در ناحیه ویسکوالاستیک برای نمونه شاهد، ۲/۵٪، ۵٪ و ۷/۵٪ به ترتیب ۰/۱۷۳، ۰/۳۰۸ ۰/۳۱۷ و ۰/۳۱۹ بود. لذا با انسجام ساختاری بیشتر، مصرف‌کننده انعطاف‌پذیری مشابهی از ژل را مستقل از غلظت ژل احساس می‌کند. همچنین در تمام نمونه‌ها در تمام محدوده فرکانس رفتار الاستیک بر رفتار ویسکوز غالب بود که با افزودن ۲/۵٪ پودر به نمونه شاهد نوع ساختار ژل (b) افزایش و قدرت ساختار (a) کاهش یافت. این معنی آن است که ژل ماست ضعیف می‌گردد و با افزایش هرچه بیشتر غلظت پودر، b کاهش و a افزایش یافته است؛ بنابراین قدرت ساختار ماست افزایش می‌یابد.

۱- مقدمه

کدوحلوایی با نام علمی *Cucurbita moschata* متعلق به جنس cucurbita از خانواده cucurbitaceae است. کدوحلوایی یک محصول فصلی است که اهمیت زیادی برای مصارف انسانی دارد. کدوحلوایی برای استفاده در طب سنتی با خاصیت‌های ضد دیابت، ضد فشار خون، ضد تومور، افزایش سیستم ایمنی بدن، ضد باکتری، ضد کلسترول بالا و ضد التهاب گزارش شده است. همچنین کدو به دلیل مواد مغذی غنی و مواد فعال زیستی مانند فنل‌ها، فلاونوئیدها، ویتامین‌ها (ازجمله β-کاروتن، ویتامین A، ویتامین B2، α-توکوفرول، ویتامین C و ویتامین E)، اسیدهای آمینه، کربوهیدرات‌ها، مواد معدنی (به‌ویژه پتاسیم) و محتوای انرژی پایین آن (در حدود ۱۷ Kcal/g برای کدوی تازه) و مقدار زیاد فیبر آن یک سبزی سالم و کاربردی است [۱-٤]. خصوصیات آنتی‌اکسیدانی، به زیست فعالی فنل‌ها نسبت داده شده است که دارای خواص چلاته کردن فلزها، مهار آنزیم‌ها و رادیکال‌های آزاد هستند.

ماست جزء فراورده‌های تخمیری دارای لخته یکنواخت می‌باشد؛ و در اکثر نقاط جهان تحت عناوین مختلف به مصرف می‌رسد. عامه‌پسندی این فرآورده‌اولاً به دلیل میزان بالای کلسیم، ویتامین‌ها، مواد معدنی و میزان پایین چربی آن و دوماً به دلیل اثر سلامت‌زایی و مهار باکتری‌های مضر و افزایش طول عمر، می‌باشد [۵, ٦]. تخمیر لاکتیکی یکی از روش‌های قدیمی نگهداری مواد غذایی است اما با این حال این محصولات فسادپذیرند. یکی از روش‌های بهبود کیفیت نگهداری این محصولات تغلیظ آنهاست. در بسیاری از انجمن‌های محلی در خاورمیانه ماست غلیظ شده که از شیر تابستانی تولید می‌شود به‌عنوان یک ماده غذایی ضروری به شمار می‌رود [۷]. در این زمینه، غذاهای فراسودمند نقش برجسته‌ای را ایفاء می‌نمایند. غذای فراسودمند به غذایی اطلاق می‌شود که با اجزای ویژه‌ای غنی‌شده بودند و اثرات مفیدی بر سلامتی داشتند. به دلیل کمبود ریزمغذی یا درشت مغذی‌ها در سیستم بدنی جوامع انسانی به‌خصوص در برخی از دوره‌های زندگی، استقبال از مصرف غذاهای غنی‌شده رو به افزایش است. از نظر متخصصان علوم تغذیه نیز، یکی از بهترین راه‌های دریافت این مکمل‌های غذایی ضروری با کمترین عوارض جانبی و به‌صورت گسترده در سطح جامعه، غنی‌سازی مواد خوراکی و آشامیدنی می‌باشد [۸, ۹]. در سال‌های اخیر غذاهای سلامتی بخش با هدف بهبود وضعیت تغذیه‌ای مورد توجه قرار گرفته است که بخش عمده آن مربوط به غذاهای غنی‌شده با فیبر و غذاهای کم‌کالری می‌باشد [۱, ۸, ۱۰]. فیبر یکی از مهمترین اجزای دیواره سلولی گیاهان است که اثر سودمندی در کاهش کلسترول خون داشته و موجب کاهش بیماری‌های قلبی عروقی و نارسایی‌های روده به‌خصوص سرطان روده بزرگ می‌گردد. تأثیر سلامت بخش ماست به دلیل غنی بودن از اسیدهای الی به همراه سایر مواد مؤثر در بیماری‌هایی همچون اسهال و کلسترول بالای خون کاملاً مشخص شده است. لذا افزودن فیبر به ماست می‌تواند به کمبود فیبر در رژیم غذایی کمک کند. فیبر یکی از مهمترین اجزای دیواره سلولی گیاهان است که اثر سودمندی در کاهش کلسترول خون داشته و موجب کاهش بیماری‌های قلبی، عروقی و نارسایی‌های روده بخصوص سرطان روده بزرگ می‌گردد. تأثیر سلامت بخش ماست به دلیل دارا بودن میزان قابل توجهی از اسیدهای آلی به همراه سایر مواد مؤثر در حال بیماری‌هایی همچون اسهال و کلسترول بالای خون، کاملاً مشخص شده است. لذا افزودن فیبر به ماست که مصرف بیشتری دارد، می‌تواند به کمبود فیبر در رژیم غذایی افراد کمک کند [۱, ۱۱]. ما در این تحقیق بر آن شدیم کدوحلوایی را به‌عنوان یک افزودنی به ماست اضافه کرده و ویژگی‌های رئولوژیکی آن را مورد بررسی قرار دهیم.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه و آماده‌سازی مواد اولیه

کدوحلوایی مورد استفاده در این تحقیق در فرودین ماه تهیه و در آون (دمای ٤٥ درجه سلسیوس) خشک شد و سپس با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی با مش ٦٣ میکرون به‌صورت پودر در آمد و تا زمان استفاده در دمای ٤ درجه سلسیوس نگهداری شد.

۲-۲- تهیه ماست حاوی پودر کدوحلوایی

جهت تهیه ماست‌های حاوی کدوحلوایی از شیر آماده در خط تولید ماست کارخانه با چربی ۱/۵ درصد استفاده شد. در واقع

شیری که با هموژنایزر همگن (در دمای ۷۰-۶۰ درجه سلسیوس و فشار ۱۶۰-۱۵۰ بار) و توسط دستگاه پاستوریزاتور، پاستوریزه (دمای ۹۲ درجه سلسیوس به مدت ۵ دقیقه) شده بود به مقدار مورد نیاز در ظروف ۵ لیتری استریل به قسمت پایلوت برده شده و پس از افزودن کشت آغازگر (استارتر تجاری حاوی گونه‌های استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی زیر گونه بولگاریکوس، DSM استرالیا) به مقدار ۲٪ در دمای ٤۲ درجه سلسیوس و مقادیر ۰، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد پودر کدوحلوایی، شیر مایه زده شده، توسط دستگاه پرکن در ظروف ۵۰ گرمی پر و درب بندی شد. در هر مرتبه تقریباً ۱۰۰ عدد نمونه تهیه شد. سپس گرمخانه گذاری تا رسیدن اسیدیته نمونه به ۶۵ دورنیک انجام شد. برای این منظور در اواخر زمان تخمیر پیش‌بینی شده (به‌صورت تجربی) هر ۵ دقیقه یکبار اسیدیته نمونه اندازه‌گیری می‌شد. گرمخانه مورد استفاده، گرمخانه سلولی صنعتی بود. نمونه‌ها به‌گونه‌ای در آن قرار داده شدند که تمام نمونه در یک سطح و موقعیت در گرمخانه قرار گیرند که جهت گرم شدن یکسان نمونه‌ها بسیار مهم است. پس از گرمخانه گذاری نمونه در دمای ٤ درجه سلسیوس سردخانه گذاری شدند.

۲-۳- اسیدیته

برای ماست از تیتراسیون ۱۰ گرم نمونه در مجاورت فنول فتالئین با استفاده از سود ۱٪ نرمال انجام شد و نتیجه بر اساس درجه دورنیک بیان شد.

۲-٤- اندازه‌گیری pH

به‌منظور اندازه‌گیری pH از pH متر استفاده شد. ابتدا الکترود دستگاه با آب مقطر شستشو و سپس با پارچه مخصوص خشک گردید. دستگاه با استفاده از محلول‌های بافر pH ٤، ۷ و ۱۰ کالیبره شد. مجددا الکترود دستگاه با آب مقطر شستشو و سپس با پارچه مخصوص خشک گردید. با قرار دادن الکترود داخل نمونه ماست با دمای آزمایشگاه، pH خوانده شد.

۲-۵- اندازه‌گیری ویژگی‌های رئولوژیکی

با استفاده از آزمون نوسانی برخی از ویژگی‌های رئولوژی ماست و ماست بازساخته نظیر ضریب ذخیره، ضریب افت، گرانروی مرکب، گرانروی پویا و تانژانت افت اندازه‌گیری شد. برای این منظور از رئومتری صفحات موازی استفاده شد و مقدار چند گرم از نمونه‌های ماست بین صفحات رئومتری قرار داد شد. پس از سپری شدن زمان استراحت ناحیه‌ی ویسکوالاستیک خطی در دامنه‌های کرنشی مختلف تعیین شد. سپس کرنش حاصل از رقیق‌ترین نمونه مبنا قرار گرفت زیرا قطعاً در چنین حالتی نمونه-های غلیظ در محدوده‌ی خطی قرار دارند. پس از انجام این مرحله مدت ۱۰ دقیقه استراحت صرف بازسازی ساختار نمونه‌ها شد. آنگاه بدون خارج کردن نمونه از بین صفحات رئومتری روند تغییرات ضرایب ذخیره و افت به‌صورت تابعی از بسامد زاویه‌ای در محدوده‌ی ۱۰۰-۰/۰۱ رادیان بر ثانیه در دمای ۷ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد.

۲-۶- تجزیه‌و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPPS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر پودر کدوحلوایی روی آب اندازی

همان‌طور که نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱)، نشان می‌دهد بیشترین میزان آب اندازی (٤۱/۰۷۵ درصد) مربوط به نمونه شاهد و کمترین میزان آن (٤۰/۳۷۵ درصد) مربوط به پودر کدوحلوایی ۷/۵ درصد بود که البته از لحاظ آماری با پودر کدوحلوایی ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نداشت.

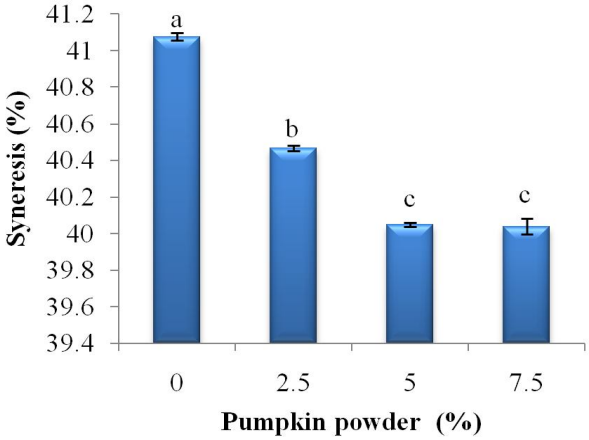


Fig 1 The effect of pumpkin powder on the yogurt syneresis

باکتری‌های لاکتیکی ماست با گذشت زمان و مصرف ترکیبات قندی در ماست، پلی‌ساکارید بیشتری تولید می‌کنند که بر این امر مؤثر است. کشت آغازگر استفاده شده در این تحقیق نیز از قابلیت تولید پلی‌ساکارید زیادی برخوردار است که این امر در تولید ماست با پودر کدوحلوایی (به دلیل نیاز به کم کردن میزان آب اندازی) اهمیت زیادی دارد. امیری عقدایی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی تأثیر هیدروکلوئید دانه اسفرزه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست کم چرب پرداختند. این پژوهشگران گزارش کردند که نمونه‌های حاوی هیدروکلوئید ویسکوزیته بالاتری در مقایسه با نمونه‌های کنترل داشتند و بالاترین ویسکوزیته در نمونه‌های حاوی اسفرزه ۰/۲ و پس از ۱۵ روز نگهداری مشاهده شد. همچنین افزودن هیدروکلوئید دانه اسفرزه در سطح ۰/۱ درصد باعث ویژگی‌های حسی ماست شده است [۱۲].

۳-۲- اثر پودر کدوحلوایی روی میزان pH

همان‌طور که نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۲)، نشان می‌دهد، بیشترین میزان pH (٤/۳۹) مربوط به پودر کدوحلوایی ۵ درصد بود و کمترین میزان آن (٤/۳۷) مربوط به پودر کدوحلوایی ۰ درصد بود.

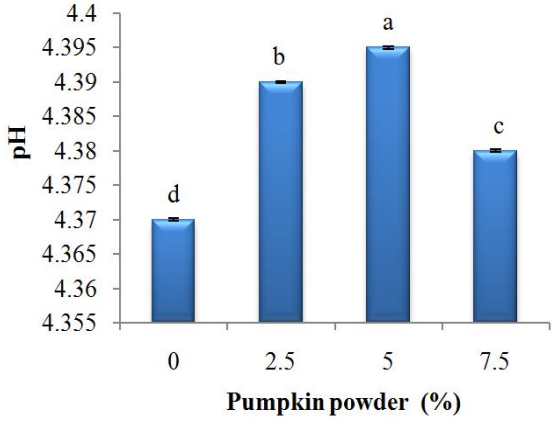


Fig 2 The effect of pumpkin powder on the yogurt pH

که با نتایج لطفی زاده دهکردی و همکاران (۲۰۱۳) به مطالعه تأثیر عصاره گیاه شنگ بر خواص حسی، ماندگاری و میزان ویسکوزیته ماست پرداختند [۱۳]. در این تحقیق عصاره شنگ به شیر آماده شده جهت تهیه ماست در غلظت‌های مختلف ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ قسمت در میلیون قبل از مرحله استارتر زنی و بسته‌بندی اضافه شد و ماست تولید شده در مدت ۲۱ روز و در فاصله‌های زمانی مشخص مورد ارزیابی فیزیکی، شیمیایی، حسی و رئولوژیکی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزودن عصاره شنگ روی خواص شیمیایی ماست تاثیرگذار بوده و باعث کنترل افزایش اسیدیته و کنترل کاهش pH ماست می‌شود مطابقت دارد. همچنین سبب افزایش ماندگاری ماست گردیده و ظرفیت نگه‌داری آب را افزایش و میزان آب اندازی ماست را کاهش می‌دهد. تیمارهای مورد بررسی تأثیر منفی و نامطلوبی بر خصوصیات رئولوژیکی ماست‌های تولیدی نداشتند. با توجه به نتایج به دست آمده غلظت ۱۵۰۰ قسمت در میلیون عصاره گیاه شنگ مطلوب‌ترین بازده را از نظر روند تغییرات pH، اسیدیته، ظرفیت نگهداری آب، میزان آب اندازی و ویسکوزیته داشت همچنینی افزودن غلظت ۱۰۰۰ قسمت در میلیون عصاره شنگ مطلوب‌ترین بازده را از نظر ارزیابی حسی دارا بود. همچنین گزارش شده که با گذشت زمان کاهش pH در ماست به دلیل فعالیت باکتری‌های لاکتیکی و تولید اسید لاکتیک در ماست است.

۳-۳- اثر پودر کدوحلوایی روی اسیدیته

همان‌طور که نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۹)، نشان می‌دهد بیشترین میزان اسیدیته (۷٤ دورنیک) مربوط به نمونه شاهد و کمترین میزان آن (۷۰/۷۵ دورنیک) مربوط به پودر کدوحلوایی ۵ درصد بود.

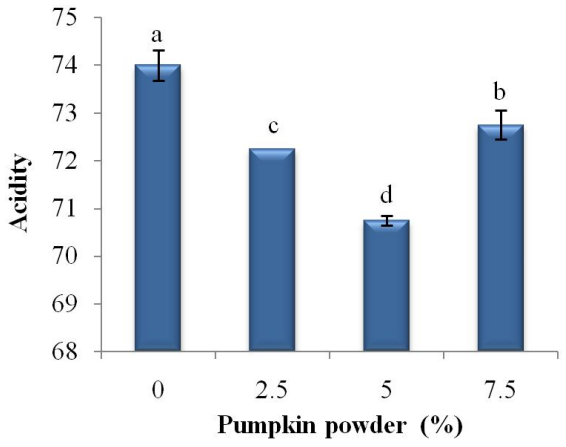


Fig 3 The effect of pumpkin powder on the yogurt acidity

افزایش اسیدیته مشاهده شده در روز ۱۲ و ۲۰ روز نگهداری به دلیل فعالیت باکتری‌های لاکتیکی ماست طی دوره نگهداری بوده

است. شاکریان و همکاران (۲۰۱۲) اثر اسانس و پودر کرفس بختیاری را بر خواص حسی و ماندگاری ماست مورد ارزیابی قرار دادند [۱٤]. در این مطالعه اسانس کرفس بختیاری یا کلوس با ماست تولید شده به روش صنعتی در کارخانه در غلظت‌های مختلف ۲۰ تا ٦۰ قسمت در میلیون و پودر کرفس بعد از مرحله استارترزنی و قبل از بسته‌بندی اضافه شد و ماست تولید شده در مدت ۳۰ روز و در فاصله زمانی مشخص مورد ارزیابی فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اسانس کرفس کوهی بر خواص فیزیکوشیمیایی ماست تأثیرگذار بوده و باعث کنترل افزایش اسیدیته ماست می‌شود اما ظرفیت نگهداری آب را کاهش می‌دهد. همچنین خواص حسی را افزایش داده و بیشترین تأثیر بر طعم و عطر دارد و باعث افزایش ماندگاری ماست می‌شود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین نتایج نشان داد کمترین میزان آن (٤۲ درصد) مربوط به پودر کدوحلوایی صفر درصد بود. بهراد و همکاران (۲۰۰۹) اثر افزودن عصاره‌ی دارچین و شیرین بیان بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی ماست پروبیوتیک را بررسی کردند [۱۵]. نتایج این پژوهش نشان داد در سرتاسر دوره‌ی یخچالی فعالیت آنتی‌اکسیدانی ماست‌های حاوی عصاره‌ی دارچین یا شیرین بیان در مقایسه با نمونه‌ی کنترل افزایش پیدا کرد. بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به نمونه‌ی ماست حاوی عصاره دارچین و در روز ۷ از دوره‌ی یخچالی بود.

۳-٤- مطالعه ویژگی‌های رئولوژیک ناپایا

این آزمون، نخستین مرحله جهت آنالیز ویژگی‌های رئولوژیکی ناپایاست که طی آن محدوده ویسکوالاستیک خطی (Linear Viscoelastic Range (LVE)) سامانه تعیین می‌گردد (شکل ٤) [۱٦, ۱۷]. مقدار LVE در واقع بیانگر حداکثر کرنشی است که هنوز تغییرات برگشت‌پذیر در ساختار ژل خواهیم داشت و مقادیر مدول افت و ذخیره به میزان کرنش ایجاد شده وابسته نیستند اما کمترین میزان کرنش که باعث تغییرات برگشت ناپذیر در ساختار ماست می‌شود را γ_{LVE} می‌نامند. مقادیر مدول‌های الاستیک و ویسکوز(G', G'') ، در محدوده کرنش ۰/۰۵-۱۰۰۰ و فرکانس ۱ هرتز تعیین شد. از نتایج به دست آمده در تعیین محدوده ویسکوالاستیک خطی (γ_L)، قدرت ساختار (G'_{LVE})، تانژانت افت ($\tan\delta$) در ناحیه خطی ویسکوالاستیک و همچنین از نمودار آزمون روبش کرنش می‌توان مقادیر $\hat{o}_y$ (تنش حد) و $\hat{o}_f$ را بدست آورد که به ترتیب بیانگر تنش متناظر با انتهای ناحیه خطی یا مقاومت به تنش‌های مکانیکی و تنش متناظر با نقطه جریان هستند$\hat{o}_y$. معادل با تنشی است که در آن اولین تغییرات غیرخطی (جابجایی مولکول‌ها، شکستن پیوندهای الاستیک) در ساختار ژل رخ می‌دهد مقدار این پارامتر برابر با حد نهایی محدوده‌ی LVE، برحسب تنش برشی می‌باشد؛ اما $\hat{o}_f$ مقدار تنشی است که باعث تخریب در ساختار به حدی گردد که جریان یافتن ماده مشاهده گردد. به‌منظور انجام آزمون روبش فرکانس با توجه به نتایج آزمون کرنش، از کرنش ۰/۵٪ استفاده شد.

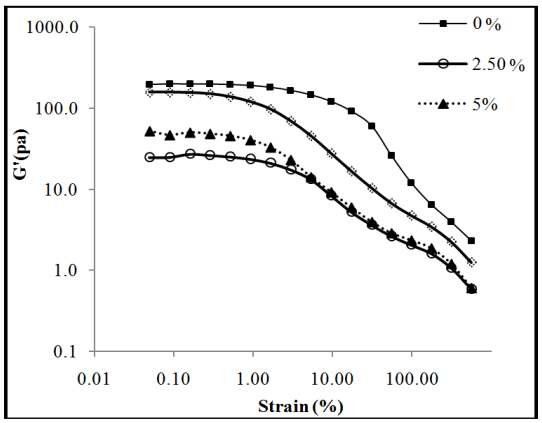


Fig 4 Storage modulus as a function of strain changes for control yogurt and samples containing of 2.5, 5, and 7.5% pumpkin powder at a frequency of 1 Hz at a temperature of 25°C.

با در نظر گرفتن محدوده‌ی خطی به دست آمده از آزمون روبش کرنش، روبش فرکانس در فرکانس متغیر ۱۵-۰۵/ ۰ هرتز انجام شد. بر داده‌های حاصل از نمودارهای روبش فرکانس در محدوده‌ی معین از فرکانس مدل پاورلا (تئوری بوهلین) برازش داده شد و پارامترهای مدل شامل قدرت ساختار (a) و نوع ساختار ژل (b) برای تمام نمونه‌ها تعیین شد (جدول ۱).

Table 1 Rheology data obtained from the strain sweep test

Sample	$\hat{o}_f$ (Pa)	$\hat{o}_y$(Pa)	$\tilde{a}_L$(%)	G'_{LVE} (Pa)	G''_{LVE} (Pa)
0%	19.3	1.85	1.2	191.9	31.33
2.5%	2.61	0.155	0.73	23.5	7.23
5%	1.42	0.24	0.55	45.36	14.42
7.5%	4.56	0.74	0.55	137.57	43.85

همان‌طور که مشاهده می‌شود افزودن پودر به نمونه شاهد، باعث کاهش در مقادیر G''_{LVE} ، G'_{LVE}، γ_L، τ_f،τ_y می‌شود اما با افزایش غلظت پودر، G'_{LVE} به‌عنوان قدرت ساختار و τ_y افزایش می‌یابد و مقادیر (LVE) کرنش متناظر با انتهای ناحیه خطی به‌طور معنی‌داری تغییر نمی‌کند؛ بنابراین با مقایسه LVE می‌توان به‌خصوصیت ساختاری آنها پی برد. به‌عنوان‌مثال در آزمون روبش کرنش ژل‌های قوی بیشتر از ژل‌های ضعیف در ناحیه‌ی خطی می‌مانند؛ به عبارت دیگر در ژل‌های قوی در دامنه‌ی کرنش بالاتری تغییرات مدول‌ها خطی است. همچنین از روی مقدار G' در محدوده‌یLVE می‌توان قدرت ساختاری نمونه مورد بررسی را تعیین کرد. در واقع با افزودن ۲/۵٪ پودر به نمونه شاهد قدرت ژل کم می‌شود؛ و با افزایش غلظت تا ۷/۵٪ این ویژگی افزایش می‌یابد اما هنوز از نمونه شاهد کمتر است احتمالاً در غلظت‌های بالاتر از ۷/۵٪ قدرت ژل مشابه یا بیشتر از نمونه شاهد خواهد شد. در مقایسه قدرت ساختار علاوه بر مقدار G' باید به نسبت بین G'' و G' نیز توجه شود. تغییرات تانژانت افت تابع کرنش برای تمام نمونه‌ها در شکل ۵ نشان داده شده است. تانژانت افت (Loss tangent) ($\tan(\delta)$) نمایانگر این است که در جسم ویسکوالاستیک کدام خاصیت رئولوژیک (ویسکوز یا الاستیک) بر دیگری غالب است؛ بنابراین تانژانت افت کمتر از یک، نشان دهنده برتری رفتار الاستیک به ویسکوز است و فاکتور افت بیشتر از یک، عکس آن را نشان می‌دهد. فاکتور افت مساوی یک، بر تساوی این دو رفتار دلالت دارد و در این حالت نمودارهای دو مدول G'' و G' بر هم تلاقی دارند. در بررسی رفتار ویسکوالاستیک نمونه‌ها مشخص شد که با افزودن غلظت ۲/۵٪ پودر به نمونه شاهد نسبت جزء ویسکوز به الاستیک افزایش می‌یابد، اما با افزایش بیشتر غلظت این نسبت تقریباً یکسان باقی‌مانده و بنابراین رفتار ویسکوالاستیک متعادل باقی می‌ماند، مقادیر تانژانت افت در ناحیه ویسکوالاستیک برای نمونه شاهد، ۲/۵٪، ۵٪ و ۷/۵٪ به ترتیب ۰/۱۷۳، ۰/۳۰۸ ۰/۳۱۷ و ۰/۳۱۹ می‌باشد. در نتیجه علیرغم قدرت ساختاری بیشتر، مصرف‌کننده انعطاف‌پذیری مشابه از ژل را مستقل از غلظت ژل احساس می‌کند.

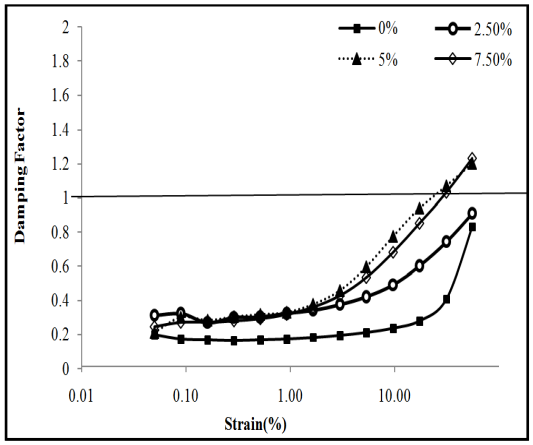
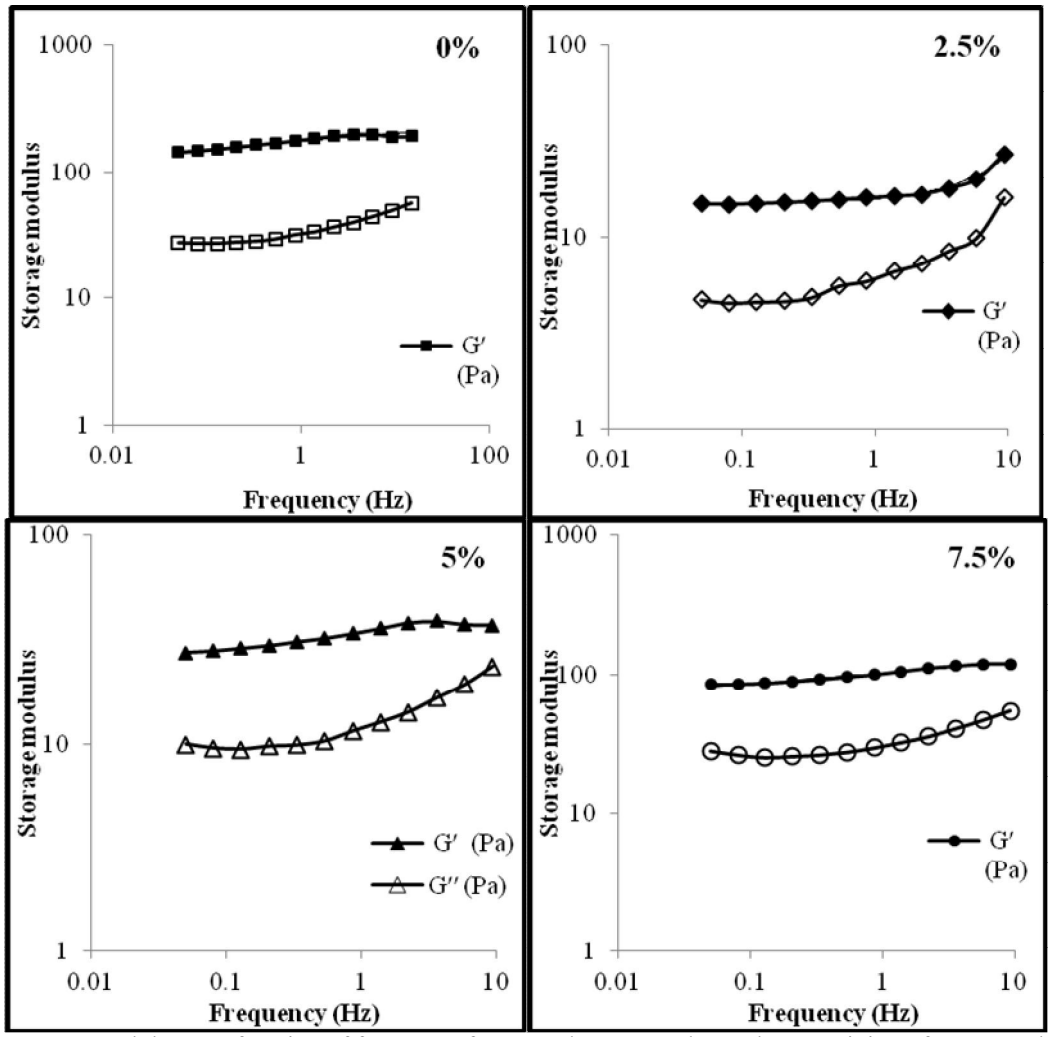


Fig 5 Damping factor as a function of strain changes for control yogurt and samples containing of 2.5, 5, and 7.5% pumpkin powder at a frequency of 1 Hz at a temperature of 25°C.

از آزمون روبش فرکانس به‌منظور بررسی رفتارهای برشی وابسته به زمان و نیز جهت بدست آوردن اطلاعات در مورد ساختار و ریز ساختار سامانه استفاده می‌شود. این آزمون در محدوده ویسکوالاستیک خطی که رفتار ویسکوالاستیک مواد برگشت‌پذیر است، به‌منظور تعیین ویژگی‌های رئولوژیک دینامیک نظیر G''، G'انجام شد. تغییرات مدول ذخیره و مدول افت تابع فرکانس برای تمام نمونه‌ها در شکل ٦ و داده‌های رئولوژی حاصل از برازش مدل پاورلا ($G'=a\ \omega^{b}$) از آزمون روبش فرکانس در جدول ۲ نشان داده شده است.



Fie 6 Storage modulus as a function of frequency for control yogurt and samples containing of 2.5, 5, and 7.5% pumpkin powder at a strain of 0.5% at a temperature of 25°C.

Table 2 Rheological data obtained from fitting the Power law model

Sample	a	b	R^2
0%	171.26	0.061	0.96
2.5%	15.14	0.087	0.90
5%	29.36	0.083	0.98
7.5%	88.77	0.078	0.98

همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌کنید در همه نمونه‌ها با افزایش فرکانس، مقادیر هر دو مدول ویسکوز و مدول الاستیک افزایش می‌یابد، همچنین در تمام نمونه‌ها در تمام محدوده‌ی فرکانس رفتار الاستیک بر رفتار ویسکوز غالب است. همچنین به‌منظور تعیین وابستگی مدول ذخیره به فرکانس مقادیر b و a مطابق رابطه $G'=a\ \omega^{b}$ محاسبه و در جدول ۲ گزارش شد. با توجه به داده‌ها مقدار a برای نمونه شاهد بالاترین و برای نمونه ۲/۵٪ پایین‌تر از دیگر نمونه‌ها است و کمترین مقدار b مربوط به نمونه شاهد می‌باشد. مقدار b کم، مشخصه‌ی ژل‌های الاستیک است و مقدار a بالا معیاری از قدرت ساختار بالاتر است؛ که با

افزودن ۲/۵٪ پودر به نمونه شاهد b افزایش و a کاهش می‌یابد؛ و این معنی آن است که ژل ماست ضعیف می‌گردد؛ و با افزایش هرچه بیشتر غلظت پودر،b کاهش و a افزایش یافته است؛ بنابراین قدرت ساختار ماست افزایش می‌یابد.

٤- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد بیشترین میزان آب اندازی (٤١/٦٨ درصد) مربوط به اثرات متقابل نمونه شاهد در زمان ماندگاری ۲۰ روز بود. بیشترین میزان ویسکوزیته (cp ۳۱۹٤) مربوط به پودر کدوحلوایی ۷/۵ درصد بود. بیشترین میزان pH (٤/۳۹) مربوط به پودر کدوحلوایی ۵ درصد بود. بیشترین میزان اسیدیته (۷٤ دورنیک) مربوط به نمونه شاهد بود. نتایج نشان داد با افزودن ۲/۵٪ پودر کدوحلوایی به نمونه شاهد قدرت ژل کم و با افزایش غلظت تا ۷/۵٪ این ویژگی افزایش می‌یابد اما هنوز از نمونه شاهد کمتر است احتمالاً در غلظت‌های بالاتر از ۷/۵٪ قدرت ژل مشابه یا بیشتر از نمونه شاهد خواهد شد. در بررسی رفتار ویسکوالاستیک نمونه‌ها مشخص شد که با افزودن غلظت ۲/۵٪ پودر به نمونه شاهد نسبت جزء ویسکوز به الاستیک افزایش می‌یابد، اما با افزایش بیشتر غلظت این نسبت تقریباً یکسان باقی‌مانده و بنابراین رفتار ویسکوالاستیک متعادل باقی می‌ماند، مقادیر تانژانت افت در ناحیه ویسکوالاستیک برای نمونه شاهد، ۲/۵٪، ۵٪ و ۷/۵٪ به ترتیب ۰٫۱۷۳ ۰٫۳۰۸ ۰٫۳۱۷ و ۰/۳۱۹ می‌باشد. در نتیجه علیرغم قدرت ساختاری بیشتر، مصرف‌کننده انعطاف‌پذیری مشابهی از ژل را مستقل از غلظت ژل احساس می‌کند. همچنین در تمام نمونه‌ها در تمام محدوده‌ی فرکانس رفتار الاستیک بر رفتار ویسکوز غالب است؛ که با افزودن ۲/۵٪ پودر به نمونه شاهد b افزایش و a کاهش می‌یابد؛ و این معنی آن است که ژل ماست ضعیف می‌گردد؛ و با افزایش هرچه بیشتر غلظت پودر،b کاهش و a افزایش یافته است؛ بنابراین قدرت ساختار ماست افزایش می‌یابد.

٥- منابع

[1] Hosseini Ghaboos, S. H. Production of pumpkin powder with vacuum-infrared system and its use in the formulation of spong cake. in: Food science and technology, Islamic Azad University, Science and Research Brach, Tehran, 2016, pp. 122.
[2] Ravi, U., Menon, L., Anupama, M. 2010. Formulation and quality assessment of instant dhokla mix with incorporation of pumpkin flour, J. Sci. Ind. Res. 69, 956-960.
[3] Zdunić, G. M., Menković, N. R., Jadranin, M. B., Novaković, M. M., Šavikin, K. P., Živković, J. Č. 2016. Phenolic compounds and carotenoids in pumpkin fruit and related traditional products, Hemijska industrija. 49-49.
[4] Das, S., Banerjee, S. 2015. Production of pumpkin powder and its utilization in bakery products development: a review, International Journal of Research in Engineering and Technology. 4, 478-481.
[5] Issar, K., Sharma, P. C., Gupta, A. 2017. Utilization of apple pomace in the preparation of fiber-enriched acidophilus yoghurt, Journal of Food Processing and Preservation. 41, e13098.
[6] Kiros, E., Seifu, E., Bultosa, G., Solomon, W. K. 2016. Effect of carrot juice and stabilizer on the physicochemical and microbiological properties of yoghurt, LWT - Food Science and Technology. 69, 191-196.
[7] White, C. H., Kilara, A., Hui, Y.2008. Manufacturing yogurt and fermented milks, John Wiley & Sons,
[8] Salehi, F. 2020. Recent applications of powdered fruits and vegetables as novel ingredients in biscuits: a review, Nutrire. 45, 1-10.
[9] Salehi, F. 2019. Improvement of gluten-free bread and cake properties using natural hydrocolloids: A review, Food science & nutrition. 7, 3391-3402.
[10] Salehi, F., Aghajanzadeh, S. 2020. Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review, Trends in Food Science & Technology. 95, 162-172.
[11] Dibazar, P., Khosrowshahi Asl, A., Zomorodi, S. 2016. Optimization grape fiber and chitosan amounts in fruit yoghurt using response surface methodology (RSM), Journal of Food Science & Technology (2008-8787). 13.
[12] Amiri Aghdaei, S. S., Aalami, M., Rezaei, R. 2010. Influence of fleawort seed

hydrocolloid on physicochemical and sensory characteristics of low fat yoghurt, Iranian Food Science and Technology Research Journal. 6, 201-209.

[13] Lotfizade Dehkordi, S., Shakerian, A., Mohammadi Nafchi, A. 2013. Effect of extract from Tragopogon graminifolius DC. on properties sensory, shelf life and the viscosity rate yogurt, Journal of Herbal Drugs (An International Journal on Medicinal Herbs). 4, 49-57.

[14] Shakerian, A., Sohrabi, M.-J., Ghasemi Pirbalouti, A. 2012. Effect of Bakhtiari celery (Kelussia odoratissma Mozaff) on sensory properties and shelf life of set yogurt, Journal of Herbal Drugs (An International Journal on Medicinal Herbs). 3, 41-48.

[15] Behrad, S., Yusof, M., Goh, K., Baba, A. 2009. Manipulation of probiotics fermentation of yogurt by cinnamon and licorice: effects on yogurt formation and inhibition of Helicobacter pylori growth in vitro, World Academy of Science, Engineering and Technology. 60, 590-594.

[16] Salehi, F., Kashaninejad, M. 2018. Texture profile analysis and stress relaxation characteristics of quince sponge cake, Journal of Food Measurement and Characterization. 12, 1203-1210.

[17] Augusto, P. E. D., Falguera, V., Cristianini, M., Ibarz, A. 2011. Viscoelastic properties of Tomato juice, Procedia Food Science. 1, 589-593.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigation on the rheological properties of fortified yogurt containing pumpkin powder

Johari, S. [1], Hosseini Ghaboos, S. H. [2]*, Shahi, T. [3]

1. Graduated MSc Student, Department of Food Science and Engineering, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.
2. Assistant Professor, Food Science and Technology Research Center of East Golestan, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.
3. Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2020/ 10/ 03
Accepted 2021/ 04/ 07

Keywords:

Acidity,
Elasticity,
Pumpkin,
Viscoelastic,
Yogurt.

DOI: 10.52547/fsct.18.05.28

*Corresponding Author E-Mail:
Hosseinighaboos@yahoo.com

ABSTRACT

Yogurt is popular because of its high levels of calcium, vitamins, minerals and low levels of fat, as well as its health-promoting effects and inhibiting harmful bacteria and helping to prolong life. Pumpkin is a good source of β-carotene, water-soluble vitamins and amino acids. In this study, syneresis, pH, acidity and rheological properties of yogurt (1.5% fat) containing 0, 2.5, 5 and 7.5% pumpkin powder were investigated. The results showed that the highest amount of acidity (74° Dornic) was related to the control sample. The results showed that by adding 2.5% pumpkin powder to the control sample, the strength of the formed gel decreased and with increasing concentration up to 7.5%, this property was increased. In the study of the viscoelastic behavior of the samples, it was found that by adding a concentration of 2.5% powder to the control sample, the ratio of viscous to elastic component increases, but with further increase in concentration, this ratio remains almost the same and therefore the viscoelastic behavior remains balanced. The values of loss tangent in the viscoelastic region for the control sample, 2.5%, 5% and 7.5%, were 0.173, 0.308, 0.317 and 0.319, respectively. Therefore, with greater structural cohesion, the consumer feels the same flexibility of the gel regardless of the gel concentration. Also, in all samples, in the whole frequency range, the elastic behavior prevailed over the viscous behavior, which increased by adding 2.5% powder to the control sample, the type of gel structure (b) increased, and the strength of the structure (a) decreased. This means that the yogurt gel becomes weaker and with increasing concentration of the powder, b decreases and a increases; Therefore, the strength of our structure increases.