مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هشتم، شماره 1، بهار 1392، صفحات 158-145

بررسی اثر استفاده توأم نشاسته‌ی اصلاح شده و صمغ زانتان بر ویژگی‌های پایداری، حسی و رئولوژیک سس گوجه‌فرنگی

الهه امیدبخش[1]، کوشان نایب زاده[2]، محمد امین محمدی فر[3]، زهره امیری[4]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
2- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران. پست الکترونیکی: knayebz@sbmu.ac.ir
3- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
4- دانشیار گروه علوم پایه، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: 91/11/25 تاریخ پذیرش: 92/2/21

چکیده

سابقه و هدف: پایداری و اطلاعات رئولوژی سس گوجه‌فرنگی برای طراحی و بهینه‌سازی تجهیزات فرایند و پذیرش مصرف‌کننده ضروری است. معمولاً از مخلوط نشاسته و صمغ برای کنترل و اصلاح بافت، بهبود ویژگی حفظ رطوبت، کنترل سیالیت آب و کیفیت خوراکی محصولات غذایی استفاده می‌شود. هدف پژوهش حاضر، بررسی اثرات متقابل نشاسته و زانتان بر ویژگی‌های پایداری، حسی و رئولوژیک سس گوجه‌فرنگی طی نگهداری بود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از نشاسته‌ی اتصال عرضی شده‌ی ذرت مومی در 2% وزنی/وزنی (صفر و 0/5) و زانتان در 5% وزنی/وزنی (صفر، 0/2، 0/25، 0/3، 0/35) استفاده شد. سینرسیس با کاغذ صافی تعیین شد. رفتار جریان و ویژگی‌های ویسکوالاستیک و تیکسوتروپی با دستگاه رئومتر مورد بررسی قرار گرفت. پذیرش کلی بافت (آزمون حسی) با استفاده از مقیاس هدونیک 9 نقطه‌ای ارزیابی شد. کلیه‌ی آزمون‌ها در بلافاصله بعد از تولید و در طول نگهداری (3 و 6 ماه بعد از تولید) انجام شد.

یافته‌ها: بررسی کلیه‌ی نتایج با آنالیز واریانس یک‌طرفه اختلاف معنی‌داری را میان کلیه‌ی نمونه‌ها در هر سه مرحله‌ی اندازه‌گیری نشان داد ($P<0/01$). در کلیه‌ی مراحل اندازه‌گیری، حضور نشاسته و افزایش غلظت صمغ موجب کاهش سینرسیس و افزایش ویسکوزیته شد ($P<0/05$)، کلیه‌ی نمونه‌ها سودوپلاستیک بودند و نشاسته موجب کاهش تیکسوتروپی در نمونه‌های حاوی صمغ شد ($P<0/05$)، بالاترین تیکسوتروپی را نمونه‌ی حاوی 0/2 % زانتان در میان نمونه‌های با نشاسته داشت ($P<0/05$). در آزمون نوسانی، ماهیت جامد ویسکوالاستیک نمونه‌ها تأیید و بالاترین قدرت پیوند در نمونه با نشاسته حاوی 0/25 % زانتان مشاهده شد ($P<0/05$). پذیرش کلی بافت غلظت‌های 0/2 و 0/25 درصد زانتان در نمونه‌های با نشاسته، بیشتراز سایر نمونه‌ها بود.

نتیجه‌گیری: افزودن نشاسته به نمونه‌های سس گوجه‌فرنگی، استفاده از زانتان در مقادیر 0/2 و 0/25 درصد را ضمن حفظ ویژگی‌های پایداری، حسی و رئولوژیک مناسب، میسر می‌کند. در حالی که با افزایش غلظت صمغ بافت نامناسبی به دست می‌آید.

واژگان کلیدی: نشاسته، زانتان، رئولوژی، سینرسیس، سس گوجه‌فرنگی

• مقدمه

در صنایع غذایی مدرن از مخلوط نشاسته و سایر هیدروکلوئیدهای پلی‌ساکاریدی برای کنترل و اصلاح بافت، بهبود حفظ رطوبت، کنترل سیالیت آب و کیفیت خوراکی محصولات غذایی استفاده می‌شود (1). مدت زیادی است که بسیاری از تحقیقات بر مخلوط نشاسته‌های غلات و دیگر ملکول‌های پلی‌ساکاریدی متمرکز شده است. صمغ عربی، گوار، زانتان، کربوکسی متیل سلولز، لوکاست بین و کاکاراگینان از ماکروملکول‌های رایجی هستند که در ترکیب با نشاسته‌ی ذرت یا گندم بررسی شده‌اند. از بررسی این گونه مطالعات چنان بر می‌آید که یکی از جنبه‌های جذاب مخلوط

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

نشاسته و هیدروکلوئید، خواص گوناگون رئولوژیک و بافتی آن‌هاست که می‌تواند نشانگر کاربرد متفاوت آن‌ها درمحصولات غذایی باشد. به همین دلیل، رفتار رئولوژیک آن‌ها توجه بسیاری از محققان را به خود جلب نموده است.

افزودن هیدروکلوئید به نشاسته عمدتاً افزایش قابل توجهی در ویسکوزیته‌ی نشاسته ایجاد می‌کند و تشکیل ژل آن را سرعت می‌بخشد. این افزایش با تحقیق *Alloncle* و همکاران در سال 1989 روی مخلوط گالاکتومانان و نشاسته‌ی ذرت مومی نشان داده شد. علت آن افزایش غلظت هیدروکلوئید در فاز پیوسته ذکر شد (2). اگرچه *Abdulmola* و همکاران در سال 1996 که از نشاسته ذرت مومی اتصال عرضی شده یا طبیعی استفاده کردند، افزایش مشاهده شده در ویسکوزیته فازِ پیوسته را به این موضوع نسبت ندادند و فرایندهای Depletion flocculation را مهم می‌دانستند (3). *Alloncle* و *Doublier* در سال 1991 با بررسی خواص ویسکوالاستیک دینامیک سیستم‌های نشاسته و هیدوکلوئید به این نتیجه دست یافتند که مدول‌های ویسکوز و الاستیک بر خلاف ویسکوزیته، تغییر چشمگیری نمی‌کند (4). از طرفی *Eidam* و همکاران در سال 1995 گزارش کردند که، جایگزینی نسبی نشاسته با هیدروکلوئیدها به مدول ویسکوز بالاتر و مدول الاستیک کمتر نسبت به دیسپریون‌های خالص نشاسته منتج می‌شود (5).

با وجود اهمیت نشاسته و صمغ‌ها در مواد غذایی، مطالعات اندکی بر رفتار رئولوژیک و پایداری آن‌ها به ویژه در انواع سس انجام گرفته است. به طور معمول، ویسکوزیته و قوام سس‌ها باید به مدت یک سال یا بیشتر حفظ شود. به عبارت دیگر، تنها هیدروکلوئیدهایی می‌توانند در سس‌ها مورد استفاده قرار گیرند که در مقابل اسیدیته و گرما در زمان طولانی پایدار باشند. از مقاوم‌ترین هیدروکلوئیدها در برابر اسید می‌توان صمغ‌های زانتان، تراگاکانت، پروپیلن گلیکول آلژینات و میکروکریستالین سلولز را نام برد. این موضوع به ویژه برای سس‌های کم کالری مشکل بزرگی محسوب می‌شود؛ زیرا برای پایدارسازی این سس‌ها به دلیل دارا بودن مقدار آب بیشتر، به هیدرو کلوئید بیشتری نیاز است (6).

صمغ زانتان هتروپلی‌ساکاریدی است که دارای واحدهای پنتاساکارید تکرارشونده است. این پنتاساکارید شامل 2 واحد مانوز، 2 واحد گلوکز و 1 واحد اسید گلوکورونیک است و امتیازات زیادی دارد مانند: حلالیت بالا در آب داغ یا سرد، ویسکوزیته بالا، پایداری عالی در سیستم‌های اسیدی و گرمایی و در مقابل انجماد و رفع انجماد. این صمغ با قدرت پایدارکنندگی خوب در سس‌ها به کار می‌رود (7).

مقدار صمغ زانتان به کار رفته به نوع سس بستگی دارد. به طوری که سس‌های حاوی روغن حدود 0/25 % صمغ زانتان نیاز دارند. سس‌های بدون روغن مانند سس گوجه‌فرنگی برای حفظ پایداری به غلظت‌های بالاتری صمغ نیاز دارند که در این صورت، بافتی سنگین و نامطلوب ایجاد می‌شود. به همین دلیل، در صنایع غذایی مدرن سعی شده است برای حل این مشکل از مخلوط نشاسته و صمغ استفاده شود.

بر اساس تحقیقات *Whistler* و *Be Miller* در سال 1997 کاربردهای متعدد نشاسته در صنعت غذا به دلیل تمایل به رتروگراده شدن و سینرسیس محدود شده است. علاوه براین، ژل یا خمیر نشاسته در شکل طبیعی خود، به شکستن درگرمادهی طولانی، نیروی برشی یا شرایط اسیدی تمایل دارد که خمیری لاستیکی، ضعیف و ژلی نامطلوب تولید می‌کند (8). نشاسته برای پایداری در مقابل اسید و نیروهای برشی تحت تأثیر اصلاحات شیمیایی قرار می‌گیرد. نشاسته امتیاز توانایی ایجاد بافت قاشق‌پذیر دارد که در سایر هیدروکلوئیدها مشاهده نمی‌شود. علاوه بر این، قابل هضم و ارزان است. اما استفاده از آن در غلظت‌های بالا حالت خمیری ایجاد می‌کند و طعم واقعی سس پنهان می‌شود (6).

تحقیقات بسیاری در مورد کاربرد همزمان صمغ و نشاسته در سس‌های مختلف حاوی روغن انجام شده و اطلاعات مربوط به ویژگی‌های پایداری، رئولوژیک و حسی در اختیار صنعت غذا قرار داده شده است. برای مثال *Dolz* و همکاران در سال 2007 تأثیر جایگزینی بخشی از نشاسته‌ی اصلاح شده با صمغ‌های زانتان و لوکاست بین را بر پایداری و ثبات امولسیون طی هم زدن بررسی کردند (9). *Sikora* و همکاران در سال 2006 ویژگی‌های رئولوژیک و حسی سس‌های توت فرنگیِ قوام یافته با ترکیب صمغ‌های زانتان و نشاسته را بررسی کردند (10). همچنین نویسندگان کتاب *هیدروکلوئیدها در فرایند مواد غذایی* در سال 2011 فرمولاسیون سس‌های محبوب در ایالات متحده آمریکا و کانادا شامل سس فرانسوی، ایتالیایی و مایونز را بررسی کردند که در فرمولاسیون همه‌ی آن‌ها از روغن استفاده شده بود (6). علاوه بر این، در فرمولاسیون نوعی سس ایتالیایی کم‌کالری (بدون روغن) از مخلوط دو صمغ پروپیلن گلیگول

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

آلژینات و زانتان برای رفع بافت سنگین و ناخوشایند صمغ زانتان استفاده شد (6).

از آنجا که هیچ گونه اطلاعات علمی در مورد کاربرد همزمان نشاسته‌ی اصلاح شده و صمغ زانتان در سس گوجه‌فرنگی (که یک سس بدون روغن محسوب می‌شود) به دست نیامد و مدت ماندگاری مواد غذایی بر ویژگی‌های رئولوژی و پایداری بررسی نشده است، سعی شد که اطلاعات رئولوژی سس‌های گوجه‌فرنگی تهیه شده با درصدهای متفاوتی از صمغ زانتان و نشاسته و پایداری و حسی آن‌ها طی شش ماه مدت ماندگاری در اختیار تولیدکنندگان قرار داده شود. زیرا ویسکوزیته سس کچاپ گوجه‌فرنگی، عامل مهمی برای پذیرش مصرف‌کنندگان است. اطلاعات رئولوژی برای طراحی و بهینه‌سازی تجهیزات فرایند مانند پمپ‌ها، هموژنایزر، تبخیرکننده، مبدل‌های حرارتی و فیلترها ضروری است (7).

ویسکوزیته سس گوجه‌فرنگی، عمدتاً از مواد پکتیکی گوجه‌فرنگی است. به این ترتیب که انواع گوجه با پکتین کم، قوام کمتری را به وجود می‌آورند. عواملی مانند تخریب آنزیم، واکنش پروتئین و پکتین، میزان پالپ، فرایند هموژنیزاسیون و تغلیظ هم قوام محصولات گوجه‌فرنگی را تغییر می‌دهند. قوام می‌تواند از طریق افزودن پلی‌ساکاریدهایی مانند نشاسته و صمغ حفظ شود (7). به این منظور، نمونه‌های سس گوجه‌فرنگی از فرمولاسیون ثابت و مواد اولیه ثابت و صمغ زانتان، در 5% وزنی/وزنی (صفر، 0/2، 0/25، 0/3 و 0/35) و در دو گروه با نشاسته اتصال عرضی شده ذرت مومی (0/5% وزنی/وزنی) و بدون آن تهیه شدند. مقایسه در سه نوبت بلافاصله بعد از تولید، 3 و 6 ماه پس از تولید انجام گرفت.

• مواد و روش‌ها

مواد : مواد اولیه جهت تولید سس گوجه‌فرنگی از بازار داخلی ایران و شرکت *مهرام* تهیه شد شامل: رب گوجه‌فرنگی اسپتیک با درجه‌ی بریکس 36 تا 38 به میزان 100 kg/ 25 kg، شربت گلوکز به میزان 100 kg/ 4 kg ، سرکه 8 % به میزان 100 kg/ 9 kg ، نمک به میزان 100 kg/ 1/5 kg ، شکر به میزان 100 kg/ 18 kg ، ادویه (شامل پودر پیاز، پودر سیر، پودر فلفل سیاه، پودر فلفل قرمز، پودر دارچین، پودر میخک) به میزان 100 kg/ 0/3 kg و آب به میزان تقریبی 100 kg/ kg . همه‌ی مواد از نظر کیفی مطابق استاندارد ملی ایران به شماره 7936 (11) بودند. صمغ زانتان از شرکت Jungbunzlauer اتریش و نشاسته‌ی اتصال عرضی شده‌ی ذرت مومی از شرکت Tongaat hulett آفریقای جنوبی تهیه شد.

روش تهیه نمونه‌های سس گوجه‌فرنگی : مواد اولیه لازم برای تولید نمونه‌های سس گوجه‌فرنگی طبق فرمولاسیون مندرج در جدول 1 با ترازوی دیجیتال FX-3200 AND توزین شد. رب گوجه‌فرنگی، آب و شربت گلوکز با میکسر تک‌پره‌ی رومیزی آزمایشگاهی و با سرعت 1000 rpm به مدت 30 ثانیه هم زده شد. سپس مواد پودری اضافه شده و با همین سرعت و مدت، هم زدن ادامه یافت. سپس نمونه‌ها تا رسیدن به درجه‌ی بریکس 30/5 (که با رفرکرومتر مدل Bertuzzi ساخت ایتالیا اندازه‌گیری شد) در دمای 90°C با Hot plate (مدل Magnestir ، ساخت ایران) حرارت داده شد. در نهایت، به صورت داغ در ظروف شیشه ای240 گرمی بسته‌بندی و در دمای مناسب 25-20 °C نگهداری شدند.

روش تعیین میزان پایداری : مقدار 40 گرم نمونه بر روی کاغذ صافی واتمن 41 ساخت ایران وزن شد. با استفاده از مزور و قیف شیشه‌ای، سرم جدا شد. مقدار سرم جدا شده پس از گذشت 3 روز اندازه‌گیری شد و درصد سینرسیس طبق فرمول 1 محاسبه شد. این آزمون در دمای 25-20 °C انجام شد.

فرمول 1)

$$\text{درصد سینرسیس} = \frac{\text{وزن مزور - وزن سرم جدا شده و مزور}}{40} \times ۱۰۰$$

روش آزمون‌های رئولوژی: کلیه آزمون‌های رئولوژی توسط رئومتر (مدل Anton Paar MCR - 301 ، ساخت اتریش) انجام شد. فاصله‌ی بین صفحه‌ها برای همه‌ی آزمون‌ها روی صفر میلیمتر تنظیم شد. همه‌ی آزمون‌ها در دمای کنترل شده 25°C و بعد از همگن کردن نمونه انجام شد. برای تنظیم دما سیستم Peltier plate با حساسیت 0/01°C مجهز به سیرکولاتور آب به کار رفت.

الف) آزمون رفتار جریانی: این آزمون با ژئومتری 27 cc یا استوانه‌ی متحدالمرکز با قطر 26/665 و طول 40/005 میلی‌متر انجام گرفت. در این آزمون 22 میلی‌لیتر از هر نمونه تحت نرخ برش 0/001 تا 1000 S^{-1} قرار گرفت.

ب) آزمون تیکسوتروپی: این آزمون با استفاده از ژئومتری vane 4 تیغه‌ی ST14-4V-35 و در 3 مرحله انجام شد. 11 میلی‌لیتر از هر نمونه در مرحله‌ی اول، تحت افزایش نرخ

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

برش از 2^{-1} تا $50^{-1}S$ به مدت 165ثانیه، در مرحله دوم، تحت نرخ برش ثابت $50\ S^{-1}$ به مدت 50 ثانیه و در مرحله سوم، تحت کاهش نرخ برش از 50 به $2\ S^{-1}$ به مدت 165 ثانیه ارزیابی شد.

ج) آزمون نوسانی: این آزمون هم با ژئومتری vane 4 تیغه‌ی ST14-4V-35 انجام شد. ابتدا برای یافتن ناحیه‌ی ویسکوالاستیک خطی 11 میلی‌لیتر از هر نمونه تحت کرنش 0/01 % تا 1000% در فرکانس ثابت 1 هرتز قرار گرفت. مقدار کرنش 0/1 % به عنوان کرنشی انتخاب شد که ساختار ماده در آن تخریب نمی‌گردد. سپس نمونه‌ها تحت کرنش ثابت 0/1 % از فرکانس 0/01 تا 20 هرتز بررسی شد. داده‌های حاصل از این آزمون با مدل قانون توان (فرمول 2) برازش داده شد و پارامترهای حاصل با نظریه‌ی بوهلین تفسیر شد.

فرمول 2) $G' = A\ \omega^b$

(G' (Pa) معرف مدول الاستیک و ω بیانگر فرکانس زاویه‌ای است. A و b پارامترهای مدل هستند که مطابق با تئوری بوهلین، مقدار log A نشان دهنده قدرت ساختار و بزرگی پیوندهای ایجاد شده بین واحدهای ساختاری در ماده است و مقدار معکوس b که با z نشان داده می‌شود، تعداد میانکنش این واحدها را در ماده بیان می‌کند (12).

روش انجام آزمون‌های حسی: آزمون‌های حسی با استفاده از مقیاس هدونیک 9 نقطه‌ای، با در نظر گرفتن شاخص پذیرش کلی بافت انجام گرفت. ارزیابان حسی، کارشناسان بخش R&D *شرکت صنایع غذایی مهرام* بوده‌اند. این آزمون طبق استاندارد ملی ایران به شماره 3443 (13) انجام شد.

روش‌های آماری و تجزیه و تحلیل داده‌ها: طرح آزمایش‌ها از نوع فاکتوریال3 عاملی (2 × 5 × 3) با 1 عامل تکرار شونده در 3 مرحله‌ی زمانی و با 3 تکرار بود. از Repeated GLM Measures (ANOVA) جهت تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد. برای تعیین معنی‌داری در هر مرحله‌ی زمانی در بین نمونه‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه و در صورت نیاز از پست هاک دانکن استفاده شد. جهت تعیین معنی‌داری آزمون‌های حسی از روش کروسکال واریس برای مقایسه نمونه‌ها و روش فریدمن برای مقایسه یک نمونه در مراحل مختلف زمانی استفاده شد. سطح معنی‌داری $\alpha = 0/05$ در نظر گرفته شد. نرم افزار مورد استفاده $SPSS_{17}$ بود.

• یافته‌ها

آزمون پایداری: آنالیز واریانس یک‌طرفه، اختلاف معنی‌داری را میان نمونه‌ها در هر 3 مرحله‌ی زمانی نشان داد ($P<0/01$). بیشترین میزان سینرسیس در نمونه‌ی شاهد بدون نشاسته دیده شد. استفاده از نشاسته در نمونه شاهد موجب کاهش معنی‌دار سینرسیس شد ($P<0/05$). درصد سینرسیس نمونه‌های حاوی صمغ و نمونه‌های حاوی صمغ و نشاسته اختلاف معنی‌داری داشتند ($P<0/05$). افزایش غلظت صمغ زانتان در هر دو گروه نمونه‌های با و بدون نشاسته موجب کاهش سینرسیس در هر سه مرحله‌ی اندازه‌گیری شد. در برخی موارد، درصد سینرسیس به مقدار جزئی در طول زمان افزایش یافت ($P<0/05$) (جدول 1).

آزمون رفتار جریانی: در آزمایش‌های رئولوژیک پایا مشخص شد که با افزایش نرخ برشی، ویسکوزیته‌ی ظاهری کلیه نمونه‌ها کاهش یافت. افزایش ویسکوزیته در اثر استفاده از نشاسته و افزایش غلظت صمغ زانتان، در کل محدوده نرخ برش مورد آزمون رخ داد (نمودار 1).

جدول 1. میانگین درصد سینرسیس نمونه‌های کچاپ با و بدون نشاسته با غلظت‌های مختلف صمغ زانتان بر حسب مراحل اندازه‌گیری با کاغذ صافی پس از 3 روز جداسازی

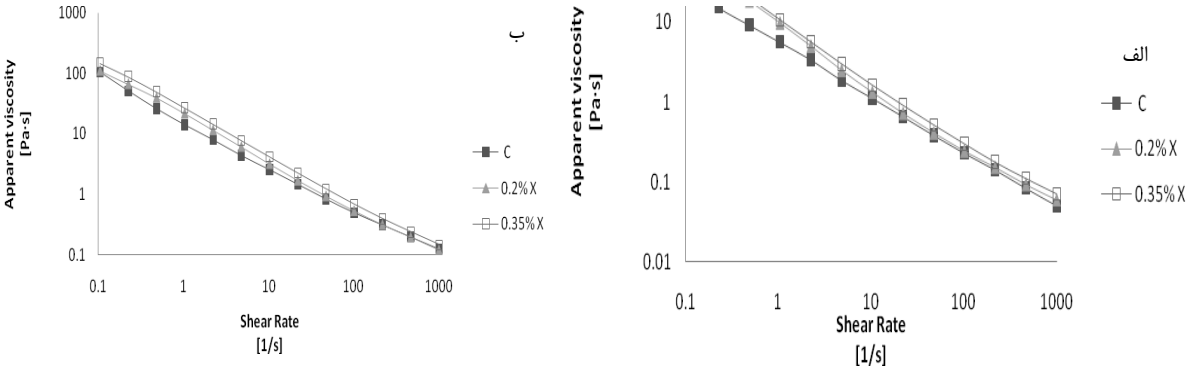
غلظت زانتان (درصد)	غلظت نشاسته (درصد)	مرحله‌ی 1	مرحله‌ی 2	مرحله‌ی 3
0/2	0	$21/67^{A}$	$23/12^{A}$	25/92
	0/5	$2/97^{a}$	$6/94^{A}$	$7/42^{A}$
0/25	0	$12/15^{Ab}$	$12/42^{Aa}$	$12/49^{Aa}$
	0/5	$2/14^{a}$	$3/7^{Ab}$	$4/13^{Ab}$
0/3	0	11^{Ab}	$12/13^{Aa}$	$12/25^{Aa}$
	0/5	$1/78^{a}$	$2/56^{Ab}$	$3/63^{Ab}$
0/35	0	$10/35^{Ab}$	$11/22^{Aa}$	$12/18^{Aa}$
	0/5	$1/21^{Ab}$	$1/94^{Ab}$	$3/56^{b}$
شاهد	0/5	$29/32^{A}$	$32/18^{AB}$	$35/17^{B}$
	0	$40/62^{A}$	$42/64^{A}$	$43/17^{A}$

میانگین هایی که در یک ردیف با حروف بزرگ یکسان مشخص شده‌اند، بر اساس آزمون LSD در سطح با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. میانگین هایی که در یک ستون با حروف کوچک یکسان مشخص شده‌اند، بر اساس آزمون دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

مرحله‌ی 1: زمان تولید، مرحله‌ی 2 : سه ماه بعد از تولید، مرحله‌ی 3 : 6 ماه بعد از تولید

انحراف معیار در همه‌ی موارد کمتر از 3 بود.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]



نمودار 1. نمودارهای رفتار جریانی نمونه‌های سس گوجه‌فرنگی تهیه شده با صمغ زانتان در سه غلظت صفر، 0/2 و 0/35 درصد در بلافاصله بعد از تولید

الف) نمونه‌های بدون نشاسته، ب) نمونه‌های با نشاسته

X : صمغ زانتان، C : شاهد

ویسکوزیته‌ی ظاهری همه‌ی نمونه‌ها در سه نرخ برشی 0/05، 50 و 500 تعیین شد. در هر سه نرخ برشی، آنالیز واریانس یک طرفه اختلاف معنی‌داری را میان نمونه‌ها در هر 3 مرحله‌ی زمانی نشان داد (P<0/01). افزودن نشاسته به نمونه‌ی شاهد و نمونه‌های حاوی صمغ موجب افزایش معنی‌دار ویسکوزیته در هر سه نرخ برشی مذکور شد (P<0/05). افزایش غلظت صمغ در هر دو گروه نمونه‌های با و بدون نشاسته موجب افزایش معنی‌دار ویسکوزیته در هر سه نرخ برشی مذکور در مرحله‌ی اول شد (P<0/01). در نرخ‌های برشی 0/05و 500 افزودن صمغ زانتان در غلظت 0/2 % به نمونه‌های بدون نشاسته موجب افزایش ویسکوزیته شد. برای افزایش ویسکوزیته در نرخ برشی 50 نسبت به نمونه‌ی شاهد بدون نشاسته به غلظت بیشتر از 0/3% زانتان و برای افزایش ویسکوزیته در نرخ برشی 50 نسبت به نمونه‌ی شاهد حاوی نشاسته به غلظت بیشتر از 0/2 % زانتان نیاز بود. در نمونه‌های شاهد، ماندگاری موجب تغییر معنی‌دار ویسکوزیته، در نرخ برشی 0/05 شد (P<0/05). افزایش ویسکوزیته در مرحله‌ی دوم و کاهش آن در مرحله‌ی سوم مشاهده شد. در نرخ برشی 500 نمونه‌ی شاهد حاوی نشاسته کاهش معنی‌دار ویسکوزیته را طی مدت ماندگاری نشان داد. در سایر نمونه‌ها در نرخ برشی 0/05 روند کلی افزایش ویسکوزیته در مرحله‌ی دوم و کاهش آن در مرحله سوم مشاهده شد. در نرخ برشی 50 نمونه‌های بدون نشاسته اختلاف معنی‌داری نداشتند و نمونه‌های با نشاسته روند کلی کاهش ویسکوزیته را طی نگهداری نشان دادند. در نرخ برشی 500 روند کلی کاهش ویسکوزیته مشاهده شد (جدول 2).

آزمون تیکسوتروپی: آنالیز واریانس یک طرفه اختلاف معنی‌داری را میان ناحیه‌ی هیسترسیس نمونه‌ها در هر سه مرحله‌ی زمانی نشان داد (P<0/01). نمونه‌ی شاهدِ بدون نشاسته بلافاصله بعد از تولید رفتار رئوپکتیک و با گذشت زمان رفتار تیکسوتروپ نشان دادند. با افزودن نشاسته‌ی اتصال عرضی شده ذرت مومی، رفتار رئوپکتیک فوق‌العاده زیادی در نمونه‌ی شاهد پدید آمد. افزودن صمغ زانتان به هر دو نمونه‌ی شاهد به ایجاد ویژگی تیکسوتروپی منجر شد. افزودن نشاسته به نمونه‌های حاوی زانتان موجب کاهش خصوصیت تیکسوتروپی شد. افزایش در غلظت صمغ زانتان در نمونه‌های با و بدون نشاسته منجر به کاهش خصوصیت تیکسوتروپی شد. در دوره نگهداری، وابستگی به زمان در نمونه‌های بدون نشاسته افزایش یافت. در نمونه‌های با نشاسته تغییرات بی نظم در وابستگی به زمان در طی مراحل اندازه گیری مشاهده شد. نمونه با نشاسته حاوی 0/2 درصد زانتان در هر سه مرحله اندازه گیری بالاترین میزان وابستگی به زمان را نسبت به سایر نمونه‌های با نشاسته داشت (جدول3).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

جدول 2. میانگین ویسکوزیته ظاهری در 3 نرخ برشی 0/05، 50 و 500 در نمونه‌های کچاپ با و بدون نشاسته، با غلظت‌های متفاوت صمغ زانتان بر حسب مراحل اندازه‌گیری

غلظت زانتان (درصد)	غلظت نشاسته (درصد)	$\eta_{\dot{\gamma}=0/05}$			$\eta_{\dot{\gamma}=50}$			$\eta_{\dot{\gamma}=500}$		
		مرحله ا	مرحله 2	مرحله 3	مرحله ا	مرحله 2	مرحله 3	مرحله ا	مرحله 2	مرحله 3
0/2	0	101	128^{a}	116^{a}	$0/41^{Aa}$	$0/43^{Aa}$	$0/42^{Aa}$	$0/092^{A}$	0/096	$0/091^{Aa}$
	0/5	197	251	240	$0/93^{A}$	$0/91^{A}$	0/86	0/195	0/185	0/171
0/25	0	111	115^{A}	114^{Aa}	$0/44^{Aab}$	$0/42^{Aa}$	$0/42^{Aa}$	0/098	$0/092^{A}$	$0/091^{Aa}$
	0/5	220^{a}	290	256	1/04	$1/01^{b}$	0/97	0/209	$0/199^{a}$	0/188
0/3	0	119^{b}	127^{a}	123	$0/51^{Ab}$	$0/49^{Ad}$	$0/49^{Ab}$	$0/112^{a}$	$0/107^{A}$	$0/107^{A}$
	0/5	220^{a}	255	250^{b}	$1/1^{A}$	$1/01^{Ab}$	$1/01^{A}$	0/220	$0/197^{a}$	0/195
0/35	0	120^{b}	130^{A}	131^{A}	$0/52^{Ab}$	$0/48^{Ad}$	$0/49^{Ab}$	$0/111^{a}$	$0/101^{A}$	$0/102^{A}$
	0/5	247	284	250^{b}	1/23	1/13	1/09	0/239	0/216	0/205
شاهد	0	66/1	81/4	78/4	$0/38^{Aa}$	$0/38^{A}$	$0/39^{A}$	$0/082^{A}$	$0/081^{A}$	$0/082^{A}$
	0/5	212	236	139	$0/83^{A}$	$0/84^{A}$	$0/82^{A}$	0/197	0/190	0/182

میانگین هایی که در یک ردیف با حروف بزرگ یکسان مشخص شده‌اند، بر اساس آزمون LSD در سطح با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. میانگین هایی که در یک ستون با حروف کوچک یکسان مشخص شده‌اند، بر اساس آزمون دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

مرحله‌ی 1: زمان تولید، مرحله‌ی 2 : 3 ماه بعد از تولید، مرحله‌ی 3 : 6 ماه بعد از تولید

انحراف معیار کلیه نمونه‌ها در نرخ برشی 0/05کمتر از 3، در نرخ برشی 50 کمتر از 0/03 و در نرخ برشی 500 کمتر از 0/003 بود.

جدول 3. میانگین میزان حلقه‌ی هیسترسیس نمونه‌های سس گوجه‌فرنگی با و بدون نشاسته، با غلظت‌های متفاوت زانتان بر حسب مراحل اندازه‌گیری

غلظت زانتان (درصد)	غلظت نشاسته (درصد)	مرحله‌ی 1	مرحله‌ی 2	مرحله‌ی 3
0/2	0	847/23	1242/53	1369/4
	0/5	703/74	828/32	771/36
0/25	0	759/65	915/35	1294/34
	0/5	$471/87^{a}$	298/13	545/28
0/3	0	726/17	879/76	1021/62
	0/5	604/29	515/84	684/22
0/35	0	686/44	870/68	962/24
	0/5	$482/89^{a}$	322/8	296/84
شاهد	0	-50/27	36/9	25/66
	0/5	-814/95	-714/51	-712/93

میانگین هایی در هر ردیف بر اساس آزمون LSD در سطح$p< 0/05$ در هر مرحله از آزمون با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند. میانگین هایی که در یک ستون با حروف کوچک یکسان مشخص شده‌اند بر اساس آزمون دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. علامت منفی نشان دهنده رئوپکتیک بودن محصول است. واحد میزان حلقه هیسترسیس Pa/s است.

مرحله‌ی 1: زمان تولید، مرحله ی 2 : 3 ماه بعد از تولید، مرحله‌ی 3 : 6 ماه بعد از تولید

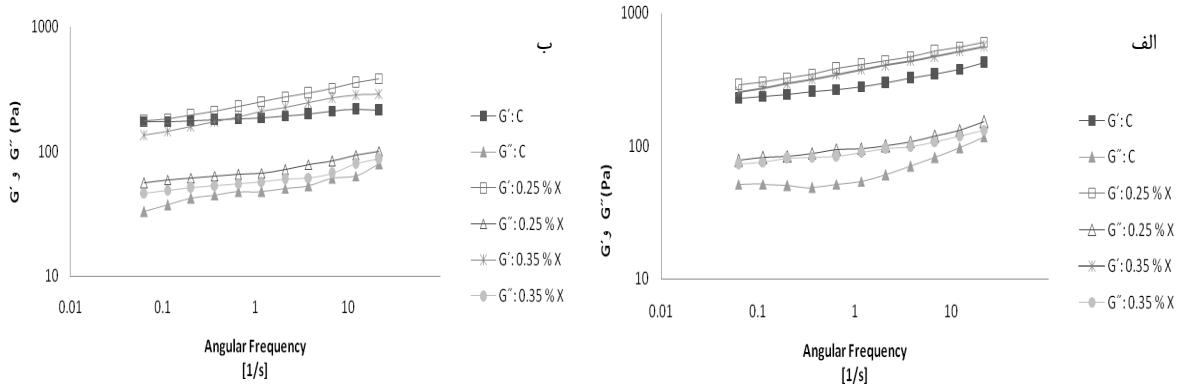
انحراف معیار کلیه نمونه‌ها کمتر از 10 بود.

آزمون روبش فرکانس: در همه‌ی محدوده‌های فرکانس مورد آزمون برای کلیه‌ی نمونه‌ها مقادیر مدول الاستیک از مدول ویسکوز بالاتر بود. هر دو مدول الاستیک و ویسکوز، به فرکانس وابسته بودند و با افزایش فرکانس، مقادیر آن‌ها افزایش یافت. در محدوده‌ی فرکانس مورد مطالعه هیچ برخوردی میان دو مدول دیده نشد (نمودار2). افزایش در هر دو مدول، پس از 3 و 6 ماه نگهداری نسبت به انواع تازه نمونه‌های حاوی زانتان مشاهده شد. ضریب همبستگی مدل قانون توان برای همه‌ی نمونه‌ها از 0/96 تا 0/99به دست آمد. آنالیز واریانس یک‌طرفه اختلاف معنی‌داری را برای هر دو شاخص Log A و z در میان مراحل مختلف اندازه‌گیری نشان داد ($P<0/01$). با افزایش غلظت صمغ زانتان تا 0/25

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

درصد در نمونه‌های با و بدون نشاسته Log A افزایش یافت. با افزایش بیشتر غلظت صمغ، این پارامتر کاهش یافت. پارامتر z نمونه حاوی 0/25درصد زانتان نسبت به نمونه‌های شاهد و نمونه حاوی 0/2 درصد زانتان کمتر بود. نمونه‌ی حاوی 0/2درصد زانتان در صورت وجود نشاسته در مرحله‌ی دوم اندازه گیری و نمونه‌های حاوی 0/25 درصد و 0/3 درصد زانتان در صورت وجود نشاسته در مرحله سوم بیشترین Log A را داشتند. بیشترین z در نمونه‌ی شاهد با نشاسته در مرحله‌ی دوم و در نمونه‌ی با نشاسته حاوی 0/2 درصد زانتان در مرحله‌ی سوم مشاهده شد (جدول 4).

آزمون حسی؛ افزودن نشاسته به نمونه‌های حاوی صمغ زانتان در غلظت‌های 0/2 و 0/25 درصد موجب افزایش پذیرش کلی بافت از نظر مصرف‌کنندگان شد (P<0/05). در صورت استفاده از نشاسته، با افزایش بیشتر غلظت صمغ از میزان پذیرش مصرف‌کنندگان کاسته شد (P<0/05). در مراحل بعدی اندازه‌گیری نیز همین روند تکرار شد (جدول 5).



نمودار 2، نمودارهای نوسانی نمونه‌های سس گوجه‌فرنگی تهیه شده با صمغ زانتان در سه غلظت صفر، 0/2 و 0/35 درصد بلافاصله بعد از تولید

الف) نمونه‌های بدون نشاسته ب) نمونه‌های با نشاسته

G : مدول الاستیک، G″ : مدول ویسکوز، X : صمغ زانتان، C : شاهد

جدول 4، میانگین پارامترهای حاصل از برازش مدل قانون توان بر داده‌های آزمون روبش فرکانس نمونه‌های سس گوجه‌فرنگی با و بدون نشاسته، با غلظت‌های متفاوت صمغ زانتان بر حسب مراحل اندازه‌گیری

غلظت زانتان (درصد)	غلظت نشاسته (درصد)	Log A			Z		
		مرحله‌ی 1	مرحله‌ی 2	مرحله‌ی 3	مرحله‌ی 1	مرحله‌ی 2	مرحله‌ی 3
0/2	0	2/34	2/48	2/46	10/98	8^{Aa}	$7/95^{Aa}$
	0/5	$2/58^{a}$	2/63	2/55	$8/26^{A}$	$8/47^{Ab}$	$10/65^{b}$
0/25	0	2/39	2/35	$2/37^{a}$	$7/19^{a}$	9/71	$10/43^{c}$
	0/5	$2/6^{A}$	2/54	$2/62^{Ab}$	$7/81^{A}$	10/1	$8/21^{A}$
0/3	0	2/32	2/41	$2/37^{a}$	6/71	$8/62^{b}$	9/08
	0/5	$2/58^{a}$	$2/61^{b}$	$2/62^{b}$	$7/57^{c}$	$8/13^{Aa}$	$7/95^{Aa}$
0/35	0	2/3	$2/4^{a}$	2/41	$7/25^{Aab}$	9	$7/15^{A}$
	0/5	2/56	$2/61^{b}$	2/59	$7/41^{bc}$	$7/75^{A}$	$7/88^{Aa}$
شاهد	0	2/28	2/44	2/4	23/82	9/43	9/62
	0/5	2/46	$2/4^{a}$	2/43	9/8	14/08	$10/54^{cb}$

میانگین هایی که در یک ردیف با حروف بزرگ یکسان مشخص شده‌اند، بر اساس آزمون LSD در سطح با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. میانگین هایی که در یک ستون با حروف کوچک یکسان مشخص شده‌اند، بر اساس آزمون دانکن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

مرحله‌ی 1: زمان تولید، مرحله‌ی 2 : سه ماه بعد از تولید، مرحله‌ی 3 : 6 ماه بعد از تولید

انحراف معیار برای کلیه نمونه‌ها در Log A کمتر از 0/02 و در z کمتر از 0/1 بود.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

جدول 5. میانگین و انحراف معیار داده‌های حاصل از آزمون حسی نمونه‌های سس گوجه‌فرنگی با و بدون نشاسته، با غلظت‌های متفاوت صمغ زانتان بر حسب مراحل اندازه‌گیری

غلظت زانتان (درصد)	غلظت نشاسته (درصد)	مرحله‌ی 1	مرحله‌ی 2	مرحله‌ی 3
0/2	0	4/5 ^{a} ± 1/73	3/5 ^{a} ± 1/73	2/25 ^{a} ± 0/96
	0/5	7/5 ^{b} ±0/58	7/25 ^{b} ± 0/95	7 ^{be} ±1/15
0/25	0	4/75 ^{a} ± 1/5	3/75 ^{a} ± 1/5	2/25 ^{a} ± 0/96
	0/5	8/25 ^{b} ±0/5	7/75 ^{b} ±0/5	7/5 ^{b} ±0/58
0/3	0	5/25 ^{a} ± 0/96	4/5 ^{a} ± 1/73	4/75 ^{cd} ± 1/5
	0/5	5/5 ^{a} ± 1/29	4/25 ^{a} ± 0/96	5/75^{ce}±0/5
0/35	0	5/25 ^{a} ± 0/96	4/75 ^{a} ± 1/5	5 ^{cd} ± 1/41
	0/5	4/75 ^{a} ± 0/5	4/25 ^{a} ± 0/96	4 ^{d} ± 1/41
شاهد	0	1/5 ±0/58	1/25 ±0/5	1/25 ^{a} ±0/5
	0/5	4/25 ^{a} ± 0/96	5 ^{a} ±0/82	5/25 ^{cd} ± 0/96

میانگین‌های هر ردیف، در هر پارامتر بر اساس آزمون فریدمن با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. میانگین‌هایی که در یک ستون در هر مرحله با حروف کوچک یکسان مشخص شده‌اند، بر اساس آزمون کروسکال والیس در سطح با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.
مرحله‌ی 1: زمان تولید، مرحله‌ی 2 : 3 ماه بعد از تولید، مرحله‌ز 3 : 6 ماه بعد از تولید

• بحث

با افزایش غلظت صمغ در هر دو گروه نمونه‌های با و بدون نشاسته، کاهش سینرسیس رخ داد که به ظرفیت نگهداری آب بالای صمغ نسبت داده می‌شود (7). در این تحقیق، روش اختلاط هیدروکلوئیدها به منظور بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی، پایداری و کاهش در هزینه‌ها به جای افزایش غلظت صمغ انتخاب شد. حضور نشاسته‌ی اتصال عرضی شده‌ی ذرت مومی به عنوان یک هیدروکلوئید کارآمد در نمونه‌ی شاهد مهم است. با توجه به وجود اختلاف میان درصد سینرسیس نمونه‌های با و بدون نشاسته در هر سه مرحله‌ی اندازه‌گیری می‌توان نتیجه گرفت که زانتان اثر سینرژیستی با نشاسته دارد و هنگامی که از هر دو همزمان استفاده شود، میزان سینرسیس تا حد قابل توجهی کاهش می‌یابد. بنابراین، می‌توان با استفاده از نشاسته میزان صمغ را کم کرد. رتروگراده شدن آمیلوز به معنی افزایش تعداد پیوند میان زنجیره‌های نشاسته، خروج آب از ساختار ژل را در پی دارد. از این موضوع می‌توان نتیجه گرفت که مقدار آب آزاد شده در نتیجه‌ی سینرسیس، نشانگر مقدار تمایل نشاسته به رتروگراده شدن است (14). استفاده از صمغ در ژل‌های نشاسته موجب پیوند میان صمغ و ملکول‌های آب می‌شود. در نتیجه‌ی رتروگراده شدن نشاسته به تأخیر می‌افتد و از سینرسیس جلوگیری می‌شود (15). هم‌چنین، این تأثیر می‌تواند در نتیجه‌ی پیوند میان ملکول‌های نشت شده از ژل نشاسته و صمغ‌ها باشد که خود را در افزایش ویسکوزیته نشان می‌دهد (16). این نتایج با مطالعات *Bawa Sidhu* و *Singh* در سال 1997 و *Sahin* و *Ozdemir* در سال 2007 و *Gujral* و همکاران در سال 2002 همسو است که در نمونه‌های بدون نشاسته کار کردند (17-19). *Ferro* و همکاران در سال 1994، *Lee* و همکاران در سال 2002 ، *Weber* و همکاران در سال 2008 ، Muadcklay و همکاران در سال 2008 و *Shi* و همکاران در سال 2002 به نتایج مشابهی در نمونه‌های با نشاسته رسیدند (21، 20، 16-14).

در هر سه مرحله‌ی اندازه‌گیری صمغ زانتان تأثیر مهمی در کاهش سینرسیس نمونه‌های با نشاسته داشته است. صمغ زانتان پایداری عالی به سینرسیس حتی در طول نگهداری داشت که می‌تواند به ساختار بی‌نظیر آن نسبت داده شود. این ساختار بی‌نظیر، موجب سختی و پایداری عالی صمغ در مقابل اسید و گرما می‌شود و بنابراین می‌تواند از رتروگراده شدن نشاسته و خروج آب از آن جلوگیری کند (22). افزایش جدایی

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

سرم برخی نمونه‌ها در طول نگهداری می‌تواند به دلیل ناهمگون بودن آن‌ها یا هیدرولیز جزئی هیدروکلوئیدها یا دیگر ترکیبات مانند پکتین باشد (17). این مسئله در موافقت با مطالعات *Sahin* و همکاران در سال 2007 و *Stoforos* و همکاران در سال 1990 و *Gujral* و همکاران در سال 2002 است (23، 19، 18).

در آزمون رفتار جریانی مشخص شد که با افزایش نرخ برشی، ویسکوزیته‌ی ظاهری همه‌ی نمونه‌ها کاهش می‌یابد. این موضوع سودوپلاستیک بودن جریان و رفتار رقیق شونده با برش را نشان می‌دهد (24). این نتایج با بررسی *Bottiglieri* در سال 1991 و *Rani* و همکاران در سال 1987 مطابقت دارد (26، 25).

افزایش ویسکوزیته‌ی ظاهری در غلظت بالاتر صمغ و در حضور نشاسته می‌تواند به دلیل تشکیل شبکه و ساختار قوی‌تر در حضور صمغ و نشاسته باشد. در محلول‌های حاوی صمغ در نرخ برشی پایین، میزان Entanglement با میزان Disentanglemnt مارپیچ‌ها برابر است. در حقیقت، وقتی نرخ برش به اندازه‌ی کافی پایین است، سیستم در وضعیت تعادلی کاملا در هم فرورفته باقی می‌ماند و ویسکوزیته‌ی محلول با ویسکوزیته در نرخ برش صفر برابر می‌شود. به این معنی که رفتار سیال نیوتونی است، اما در هیچ کدام از نمونه‌ها و نمودارهای ذکر شده در نرخ برشی پایین، رفتار نیوتونی مشاهده نشد. با افزایش نرخ برشی، میزان دفرمه شدن Entanglement ها از میزان تشکیل آن بیشتر می شود و به این ترتیب، رفتار رقیق‌شونده با برش آغاز می‌شود و ویسکوزیته با افزایش نرخ برشی هم‌چنان کاهش می‌یابد که می‌تواند ناشی از باز شدن پیوندها و جهت‌یافتگی واحدهای ساختاری باشد (27). رفتار غیرنیوتنی نمونه‌های شاهد نیز می‌تواند به حضور پکتین محلول نسبت داده شود (28).

طی بررسی رفتار جریان از نرخ برشی 0/001 تا 1000 عدم پیوستگی در برخی از نمودارها مشاهده شد که می‌تواند به پدیده‌ی لغزش نسبت داده شود (29). در سایر مطالعات مربوط به دیسپرسیون‌های غذایی و سوسپاسیون‌های گوجه نیز به این مسئله اشاره شده است. *Ouden* و همکاران در سال 2006 فرض کردند، در نزدیکی سطوح استوانه، غلظت ذرات در نتیجه‌ی جدایی آن‌ها از سرم کمتر است و به موجب آن پدیده‌ی لغزش رخ می‌دهد (29). برخی دیگر پیشنهاد کردند که این عدم پیوستگی در نتیجه‌ی یک نرخ برش بحرانی است که در آن شکست ناگهانی سلول‌ها رخ می‌دهد (30).

در آزمون رفتار جریانی، داده‌های ویسکوزیته‌ی نمونه‌های مختلف در سه نرخ برشی 0/05، 50 و 500 (1/s)، مقایسه شد. زیرا داده‌های ویسکوزیته در نرخ برشی پایین ابزار مناسبی برای مطالعه‌ی پایداری سیستم‌های کلوئیدی در حالت ساکن است. بالا بودن ویسکوزیته‌ی ظاهری فاز پیوسته، دو فاز شدن را به تأخیر می‌اندازد. مقادیر ویسکوزیته‌ی ظاهری در نرخ‌های برشی میانی برای مطالعه‌ی ارزیابی حسی و احساس دهانی استفاده می‌شود. داده‌های ویسکوزیته در نرخ‌های برشی بالا برای طراحی فرایندهایی که در آن‌ها نرخ برش بالا ایجاد می‌شود، نظیر محاسبه‌ی توان همزن، پمپ، نازل‌ها و فرایندهایی که شرایط آن‌ها تابع جریان سیال در لوله است (مانند استریلیزاسیون و پاستوریزاسیون) استفاده می‌شود (31). در نمونه‌های بدون نشاسته به دلیل ویژگی ظرفیت نگهداری آب بالای صمغ و جذب آب توسط آن ویسکوزیته افزایش یافت. نتیجه‌ی ترکیب نشاسته و صمغ نیز افزایش ویسکوزیته‌ی محصول بود. به طوری که میزان این ویسکوزیته بیشتر از نمونه‌ی شاهد با نشاسته بود. این موضوع با فرض دو فازی بودن سیستم و قرار گرفتن صمغ در فاز پیوسته می‌تواند به این دلیل باشد که با متورم شدن گرانول در اثر حرارت، فاز قابل دسترس برای صمغ کاهش یافته و غلظت صمغ در داخل فاز پیوسته زیاد شده و ویسکوزیته‌ی فاز پیوسته و متعاقبا ویسکوزیته‌ی کلی سیستم افزایش می‌یابد (2).

کاهش ویسکوزیته طی مدت ماندگاری می‌تواند در اثر عوامل مختلفی مانند جدا شدن نشاسته و صمغ یا هیدرولیز هیدروکلوئیدها و پکتین باشد. در برخی موارد، افزایش دوباره‌ی ویسکوزیته طی مدت ماندگاری رخ داد که می‌تواند به علت پیوند دوباره میان نشاسته و صمغ باشد.

در آزمون تیکسوتروپی نیز مشخص شد که نمونه شاهد بدون نشاسته بلافاصله بعد از تولید، رفتار رئوپکتیک و با گذشت زمان، رفتار تیکسوتروپ نشان می‌دهد. سس گوجه فرنگی، سیالی مستقل از زمان و رقیق‌شونده با برش در بلافاصله بعد از تولید است که گذشت زمان اغلب ساختار شبه ژلی ضعیفی به آن می‌دهد و موجب می‌شود که محصول رفتار

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

تیکسوتروپ از خود نشان دهد. به همین علت است که هم زدن سس گوجه فرنگی یا تکان دادن بطری حاوی سس گوجه فرنگی، قابلیت ریزش آن را بیشتر می‌کند (24). تیکسوتروپی جزئی آب گوجه را می‌توان به شکست پیوندهای غیرکوالانسی در پکتین نسبت داد (28). این مشاهده در موافقت با مطالعات *De Kee* و همکاران در سال 1983 و متفاوت با *Vodovatz* و همکاران در سال 2005 است (30، 28). دلیل تفاوت‌های مشاهده شده می‌تواند، اختلاف در اندازه‌ی ذرات در داخل نمونه، دماهای متفاوت مورد استفاده در هنگام فرایند محصول، گونه متفاوت گوجه فرنگی و استفاده از موادی مانند شربت گلوکز در داخل سس گوجه‌فرنگی باشد (28).

با افزودن نشاسته اتصال عرضی شده‌ی ذرت مومی، رفتار رئوپکتیک فوق‌العاده زیادی در نمونه‌ی شاهد پدید آمد. زیرا نشاسته حاوی مقدار زیادی آمیلوپکتین است. آمیلوپکتین نقش مهمی در رفتار غلیظ شونده با برش و تشکیل ساختار جدید القا شده توسط نیروی برشی دارد. رفتار آنتی‌تیکسوتروپی این نمونه به تشکیل گرانول‌های خوشه‌ای نسبت داده می‌شود. همان طور که در روش آزمون ذکر شد، این آزمون در سه مرحله انجام می‌شود. با تحت تأثیر قرار گرفتن نمونه تحت نیروی برشی، گرانول‌های نشاسته در حالت منظم قرار می‌گیرند، در مرحله‌ی دوم آزمون، گرانول‌های خوشه‌ای تشکیل می‌شوند که به افزایش ویسکوزیته‌ی ظاهری در مرحله‌ی سوم منجر می‌شود (32). با استفاده از انواع مختلف آزمون سنجش وابستگی به زمان، *Tecant* و همکاران در سال 1999 و *Achayuthakan* و همکاران در سال 2008 رفتار آنتی تیکسوتروپی را به ترتیب در دیسپرسیون‌های نشاسته اتصال عرضی شده‌ی ذرت مومی و نشاسته‌ی طبیعی ذرت مومی تأیید کردند (32، 1).

افزودن صمغ زانتان به هر دو نمونه‌ی شاهد به ایجاد خصوصیت تیکسوتروپی منجر می‌شود. این خصوصیت تیکسوتروپی، ویژگی ماکروملکول‌هایی مثل زانتان است. محلول‌های صمغ زانتان به مقدار زیادی سودوپلاستیک هستند. افزایش غلظت این صمغ در هر دو گروه نمونه‌های با و بدون نشاسته، با وجود حفظ خصوصیت تیکسوتروپی، تشکیل ساختار القا شده توسط نیروی برشی را تقویت می‌کند و شکستن شبکه تحت تأثیر نیروی برشی را کاهش می‌دهد. این اتفاق در نتیجه‌ی ساختار میله‌ای سخت و غیرمعمول زانتان رخ می‌دهد و به ویژگی تسریع‌کنندگی زانتان در تشکیل ساختار جدید تحت شرایط نیروی برشی نسبت داده می‌شود (32).

ماندگاری موجب افزایش خصوصیت تیکسوتروپی نمونه‌های بدون نشاسته حاوی صمغ زانتان شده که از ویژگی‌های ساختار سس گوجه‌فرنگی طی زمان است. وابستگی به زمان در نمونه‌های با نشاسته حاوی 0/2 درصد زانتان، در مراحل دوم و سوم نسبت به مرحله‌ی اول افزایش پیدا کرد. در غلظت‌های بالاتر زانتان تغییرات بی‌نظم در وابستگی به زمان طی مراحل اندازه‌گیری مشاهده شد. اما این خصوصیت در هر سه مرحله نسبت به نمونه 0/2 درصد زانتان کمتر بود. بنابراین، به جای استفاده از غلظت‌های بالای زانتان می‌توان برای ایجاد خصوصیت تیکسوتروپی و وابستگی به زمان مناسب از نشاسته و غلظت‌های کمتری از صمغ زانتان استفاده کرد. *Achayuthakan* و همکاران در سال 2008 و *Wang* و همکاران در سال 2009 آنتی تیکسوتروپی را در دیسپسیون‌های مخلوط نشاسته‌ی ذرت مومی با صمغ زانتان گزارش کردند (33، 32). این اختلاف می‌تواند به دلیل استفاده از غلظت‌های بالاتر صمغ و نشاسته در مطالعه آن‌ها نسبت به پژوهش حاضر باشد.

در سراسر محدوده‌ی فرکانس مورد آزمون، مقادیر مدول الاستیک از مدول ویسکوز بالاتر بود. این موضوع ماهیت جامد ویسکوالاستیک نمونه‌ها را نشان می‌دهد. مقادیر هر دو مدول الاستیک و ویسکوز با افزایش فرکانس افزایش یافت. این رفتار از لحاظ رئولوژیکی به عنوان ژل ضعیف شناخته می‌شود. ماده‌ای که در مقیاس زمانی طولانی مستقل از فرکانس عمل کند، شبه جامد یا ژل کامل نام دارد. در مقابل وابستگی قوی به فرکانس Entanglement های بین ملکولی در ساختار ماده را نشان می‌دهد که موجب می‌شود ماده در فرکانس بالا مانند جامد و در فرکانس‌های پایین مانند مایع رفتار کند (34). وجود ژل‌های نرم در مطالعات *Mandala* و همکاران و *Arocas* و همکاران در سال 2009 گزارش شده است (35، 34).

افزودن صمغ و نشاسته به نمونه‌های سس گوجه‌فرنگی، موجب افزایش هر دو مدول و کاهش میزان فاکتور میرایی (نسبت مدول ویسکوز به الاستیک) شد. افزایش در مقدار مدول‌ها به معنی افزایش خصوصیت ویسکوالاستیسیته است. افزایش مدول دینامیک در نمونه‌های حاوی نشاسته یک

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

هم‌افزایی (سینرژیسم) است که خود را در افزایش ویسکوزیته یا مدول‌ها نشان می‌دهد. میزان این هم‌افزایی به نوع نشاسته مورد استفاده، هیدروکلوئید و هم‌چنین غلظت آن‌ها در مخلوط وابسته است. هم‌افزایی مشاهده شده از داده‌های ویسکوالاستیک می‌تواند به نتیجه‌ی اثرات متقابل بین آمیلوپکتین نشاسته و صمغ مربوط باشد (1). این نتایج با یافته‌های *Arocas* و همکاران در سال 2009، *Tecante* و همکاران در سال 1999 و *Alloncle* و همکاران در سال 1989 مطابقت دارد (34، 2، 1).

افزایش شاخص‌های نوسانی پس از 3 و 6 ماه نگهداری نسبت به نمونه‌های تازه‌ی حاوی زانتان مشاهده شد که با مطالعات *Arocas* و همکاران در سال 2009 مطابقت دارد (34).

همان طور که گفته شد پارامترهای حاصل از مدل قانون توان با استفاده از تئوری بوهلین بررسی شد. افزایش Log A و کاهش z در اثر استفاده از صمغ و نشاسته نشان می‌دهد که قدرت ساختار مشاهده شده به علت افزایش قدرت پیوندهاست، نه افزایش تعداد پیوندها. کمترین قدرت پیوند و بیشترین تعداد پیوند در نمونه‌ی شاهد بدون نشاسته قابل مشاهده است. این موضوع کمتر بودن قدرت ساختار این نمونه نسبت به نمونه‌های حاوی صمغ یا نشاسته یا هر دو را تأیید می‌کند. طی ماندگاری نیز تعداد و قدرت پیوند کاهش یافت. تعداد پیوندها در شاهدِ حاوی نشاسته در مرحله‌ی دوم افزایش یافت که نشان دهنده‌ی رتروگراده شدن نشاسته و افزایش پیوندهای آمیلوپکتین - آمیلوپکتین است. از آنجا که نمونه با نشاسته حاوی 0/25 درصد زانتان از سایر نمونه‌های حاوی صمغ زانتان Log A بیشتر و z کمتر دارد، می‌توان قدرت ساختار مشاهده شده در این نمونه را به قدرت پیوند بالای آن نسبت داد.

در بررسی نتایج آزمون حسی مشخص شد که مصرف‌کنندگان استفاده از غلظت بالای صمغ زانتان را در نمونه‌های با نشاسته، مناسب ندانستند. همان طور که در آزمون‌های رئولوژیک مشخص شد، غلظت بالای زانتان در نمونه‌های با نشاسته، باعث ویسکوزیته بالاتری نسبت به غلظت‌های کمتر آن می‌شود. بنابراین، استفاده از غلظت‌های بالای زانتان مشتری‌پسند نیست.

نتیجه گیری: این پژوهش اثر سینرژیستی زانتان با نشاسته را در نمونه‌های سس گوجه‌فرنگی تأیید کرد. زیرا هنگامی که از هر دو به طور همزمان استفاده شد، میزان سینرسیس تا حد قابل توجهی کاهش و ویسکوزیته افزایش یافت. هم‌چنین همه‌ی نمونه‌ها رفتار سودوپلاستیک در محدوده‌ی نرخ برشی مورد آزمون داشتند. در آزمون نوسانی نیز رفتار جامد ویسکوالاستیک و ژل ضعیف در همه‌ی نمونه‌ها تأیید شد. قدرت پیوند بالا در نمونه‌های با نشاسته حاوی غلظت کم زانتان به خصوص غلظت 0/25 درصد زانتان طی ماندگاری مشاهده شد. در آزمون تیکسوتروپی نیز مشخص شد که برای ایجاد خصوصیت تیکسوتروپی و وابستگی به زمان مناسب می‌توان از نشاسته و غلظت‌های کمتر زانتان استفاده کرد. ارزیابان حسی نیز استفاده از غلظت کم زانتان را در نمونه‌های با نشاسته مطلوب دانستند. بنابراین، افزودن نشاسته به نمونه‌های سس گوجه‌فرنگی، استفاده از غلظت‌های کمتر صمغ زانتان را ضمن حفظ خصوصیت پایداری، رئولوژیک و حسی میسر می‌کند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولان محترم *انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور* و مدیریت و کارشناسان محترم شرکت *صنایع غذایی مهرام* برای همکاری و قرار دادن امکانات لازم جهت انجام پژوهش حاضر قدردانی به عمل می‌آید.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

- **References**

1. Tecante A, Doublier JL. Steady flow and viscoelastic behavior of crosslinked waxy corn starch-κ-carrageenan pastes and gels. Carbohyd Polym 1999; 40 (3):221-31.

2. Alloncle M, Lefebvre J, Llamas G, Doublier J.L. A rheological characterization of cereal starch-galactomannan mixtures. Cereal Chem 1989; 66: 90-93

3.Abdulmola N.A, Hember M.W.N, Richardson R.K, Morris E.R. Effect of xanthan on the small deformation rheology of crosslinked and uncrosslinked waxy maize starch. Carbohyd Polym 1996;31: 65-78

4.Alloncle M, Doublier JL. Viscoelastic properties of maize starch/hydrocolloid pastes and gels. Food Hydrocoll 1991; 5: 455-67

5.Eidam D, Kulicke W.M, Kuhn K, Stute R. Formation of maize starch gels selectively regulated by the addition of hydrocolloids. Starch-starke 1995; 47: 378-84.

6. King A. H. Hydrocolloids in salad dressings. In: Laaman TR , editor. Hydrocolloids in food processing. Chicago: IFT Press; 2011.19-34

7. Sahin H, Ozdemir F. Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups. Food Hydrocoll 2004; 18 (6):1015-22.

8. Whistler RL, BeMiller J. Polysaccharides. carbohydrate chemistry for food scientists: St Paul: eagan Press; 1997.

9. Dolz M, Hernández MJ, Delegido J, Alfaro MC, Muñoz J. Influence of xanthan gum and locust bean gum upon flow and thixotropic behaviour of food emulsions containing modified starch. J Food Eng 2007;81 (1):179-86.

10. Sikora M, Kowalski S, Tomasik P, Sady M. Rheological and sensory properties of dessert sauces thickened by starch–xanthan gum combinations. J Food Eng 2007;79 (4):1144-51.

11. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Ketchup – Code of practice for production. ISIRI no: 7936. Karaj: ISIRI; 2004 [In Persian].

12. Peressini D, Sensidoni A, De-Cindio B. Rheological characterization of traditional and light mayonnaises. J Food Eng 1998; 35: 409-17.

13. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Ketchup – Sensory Analyzes-Methodology Evaluation of Food Products by Method Using Scale. ISIRI no: 3443. Karaj: ISIRI; 1987 [In Persian].

14. Muadklay J, Charoenrein S. Effects of hydrocolloids and freezing rates on freeze–thaw stability of tapioca starch gels. Food Hydrocoll 2008; 22 (7):1268-72.

15. Lee M, Baek M, Cha D, Park H, Lim S. Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. Food Hydrocoll 2002; 16 (4):345-52.

16. Shi X, BeMiller JN. Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. Carbohyd Polym 2002; 50 (1):7-18.

17. Sidhu JS, Bawa A, Singh N. Studies on the effect of hydrocolloids on the consistency of tomato ketchup. J food sci tech 1997; 34 (5):423-4.

18. Şahin H, Özdemir F. Effect of some hydrocolloids on the serum separation of different formulated ketchups. J Food Eng 2007; 81 (2):437-46.

19. Gujral HS, Sharma A, Singh N. Effect of hydrocolloids, storage temperature, and duration on the consistency of tomato ketchup. Int J Food Pro 2002; 5 (1):179-91.

20. Ferrero C, Martino M, Zaritzky N. Corn starch-xanthan gum interaction and its effect on the stability during storage of frozen gelatinized suspension. Starch-starke 1994; 46 (8):300-8.

21. Weber FH, Queiroz FPC, Chang YK. Freeze-thaw stability of normal, waxy and high amylose corn starch gels with added guar and xanthan gums. Ciência Tecnol de Alime 2008; 28 (2):413-7.

22. Alexander R. Hydrocolloid gums: Part I: Natural products. Cereal foods world 1999; 44 (9):684-6.

23. Stoforos NG, Reid DS. A test for evaluation of the serum separation potential of tomato ketchup. J food sci 1990; 55 (6):1626-9.

24. Steffe J. Rheological methods in food process engineering. 2 ed. Michigan: Freeman; 1992.

25. Bottiglieri P, SIO F, Fasanaro G, Mojoli G, Impembo M, Castaldo D. Rheological characterization of ketchup. J food quality 1991;14 (6):497-512.

26. Rani U, Bains GS. Flow behaviour of tomato ketchups. J Texture Stud 1987;18: 125-35.

27. Williams PA, Phillips GO. Introduction of food hydrocolloids. In: Williams PA, Phillips GO, editors. Hand book of food hydrocolloids.Cambridge:CRC Press; 2000.

28. Tiziani S, Vodovotz Y. Rheological effects of soy protein addition to tomato juice. Food Hydrocoll 2005; 19 (1):45-52.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

29. Ouden FWC, Vliet T. Effect of concentration on the rheology and serum separation of tomato suspensions. J Texture Stud 2002; 33 (2):91-104.-

30. De Kee D, Turcotte G. Flow properties of time-dependent foodstuffs. J Rheo 1983; 27:581.

31. Alemzadeh T, Mohammadifar MA, Azizi MH, Ghanati K. Effect of two different species of Iranian gum tragacanth on the rheological properties of mayonnaise sauce (65 % fat). [dissertation]. Tehran: The International & Virtual Branch of Shahid Beheshti University of Medical Sciences & Health Services; 2009 [In Persian].

32. Achayuthakan P, Suphantharika M. Pasting and rheological properties of waxy corn starch as affected by guar gum and xanthan gum. Carbohyd Polym 2008; 71 (1):9-17.

33. Wang B, Wang LJ, Li D, Özkan N, Li S-J, Mao ZH. Rheological properties of waxy maize starch and xanthan gum mixtures in the presence of sucrose. Carbohyd Polym 2009; 77 (3):472-81.

34. Arocas A, Sanz T, Fiszman SM. Influence of corn starch type in the rheological properties of a white sauce after heating and freezing. Food Hydrocoll 2009; 23 (3):901-7.

35. Mandala IG, Savvas TP, Kostaropoulos AE. Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. J Food Eng 2004; 64 (3):335-42.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]

Effects of combined modified starch and xanthan gum on the stability and rheological and sensory characteristics of tomato sauce

Omidbakhsh E[1], Nayebzade K[2], Mohammadifar MA[3], Amiri Z[4]*

1- M.Sc Student in Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences Tehran, Iran

*2-*Corresponding Author: Assistant Prof, Dept. of of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Email: knayebz@sbmu.ac.ir*

3- Associate Prof, Dept. of of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

4- Associate Prof, Dept. of Basic Science, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Received 13 Feb, 2013 **Accepted 11 May, 2013**

Background and Objective: Stability and rheological characteristics of tomato sauce are an important tool for designing and optimization of processing equipment, as well as a major property as regards consumer acceptance. Usually blends of starch and gum are used to control and improve the texture, improve moisture retention, control water mobility, and improve eating quality of food products. The aim of this study was to investigate the effects of combined starch and xanthan gum on stability and sensory and rheological properties of tomato sauce during storage.

Materials and Methods: Cross-linked waxy corn starch (0 and 0.5% w/w) and xanthan gum (0, 0.2, 0.25, 0.3 and 0.35% w/w) were used. The following tests were performed immediately after production and during storage (3 and 6 month after production): syneresis by filter paper, and the steady flow, thixotropic and viscoelastic properties by rheometeric methods. In adition, the overall texture acceptability (by sensory evaluation) was assessed using the 9-point hedonic scale.

Results: One-way ANOVA showed that there were significant differences among all the samples at each of the three measurements ($P<0.01$). In all the stages the presence of starch and increased concentrations of the gum resulted in a reduction in syneresis and an increase in viscosity ($P<0.05$). All of the samples exhibited a pseudoplastic behavior. The addition of starch led to a decrease in thixotropic properties in samples containing gum ($P<0.05$). Samples containing 0.2% xanthan gum showed the highest thixotropy among those with starch ($P<0.05$). The viscoelastic solid nature of the samples was confirmed through by the oscillatory test. The samples with starch containing 0.25% xanthan had the highest bonding strength ($P<0.05$). Finally, based on sensory evaluation, samples with starch containing 0.20% and 0.25% xanthan gum were the most acceptable as regards texture.

Conclusion: The addition of starch to tomato sauce can facilitate using xanthan gum at two concentrations (0.2 % and 0.25%), while maintaining desirable stability and the rheological and sensory properties of the sauce. On the other hand, increasing concentrations of gum will result in an inappropriate texture.

Keywords: Starch, Xanthan, Rheology, Syneresis, Tomato sauce

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-16]