مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال چهاردهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۸۴-۶۹

اثرات جایگزینی شربت ذرت با فروکتوز بالا بر ویژگی‌های کیفی، رئولوژیکی و حسی سس کچاپ گوجه فرنگی

مهدی امینی[۱]، مریم قادری قهفرخی[۲]، بهاره برهانی[۳]، زهرا پیران[۴]، سید محمدحسین باقری[۵]

۱- دانشجوی دکتری مدیریت استراتژیک، مرکز دانش‌بنیان گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زر نام، پالایشگاه غلات زر، هشتگرد، کرج، ایران

۲- نویسنده مسئول: دکتری تکنولوژی مواد غذایی، واحد تحقیق و توسعه، مرکز دانش‌بنیان گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زر نام، پالایشگاه غلات زر، هشتگرد، کرج، ایران. پست الکترونیکی: M.Ghaderi@Zarholding.com

۳- دانشجوی دکتری شیمی-فیزیک، واحد تحقیق و توسعه، مرکز دانش‌بنیان گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زر نام، پالایشگاه غلات زر، هشتگرد، کرج، ایران

۴- کارشناسی، مهندسی شیمی- صنایع غذایی، واحد کنترل کیفیت، مرکز دانش‌بنیان گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زر نام، پالایشگاه غلات زر، هشتگرد، کرج، ایران

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد کنترل کیفیت مواد غذایی، واحد تحقیق و توسعه، گروه صنایع غذایی نامی نو، اراک، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: ارزش تغذیه‌ای، رنگ، طعم و قوام مهم‌ترین جنبه‌های کیفی سس کچاپ گوجه فرنگی می‌باشند که رفتار خرید مصرف‌کننده را به طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این تحقیق تأثیر جایگزینی شکر با شربت ذرت با فروکتوز بالا (HFCS) بر ویژگی‌های کیفی سس کچاپ مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در مطالعه‌ی حاضر، ساکارز با HFCS در سطوح مختلف جایگزین و ۵ فرمولاسیون 0-HFCS، 25-HFCS، 50-HFCS، 75-HFCS و 100-HFCS با در صد جایگزینی به ترتیب ۰ (کنترل)، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ HFCS به جای شکر تولید شد. فرمولاسیون‌ها از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: فعالیت آبی فرمولاسیون‌های دارای HFCS به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از 0-HFCS بود. کچاپ 100-HFCS و 0-HFCS به ترتیب بیشترین و کمترین میزان لیکوپن را دارا بودند. با افزایش درصد جایگزینی HFCS در فرمولاسیون، مقادیر روشنایی و قرمزی افزایش در حالی که میزان زردی به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<0/05$). میزان جدایش سرمی با افزایش در صد HFCS از ۰ تا ۱۰۰٪ از ۱۰/۹۶٪ به ۱/۶۶٪ کاهش یافت. تمامی فرمولاسیون‌ها دارای رفتار غیر نیوتونی و رقیق شونده با برش و دارای تنش تسلیم بودند. نتایج حاکی از بهبود ویژگی‌های حسی سس کچاپ از قبیل رنگ، قوام، مزه و پذیرش کلی در نتیجه‌ی جایگزینی شکر با HFCS بودند.

نتیجه‌گیری: جایگزینی شکر با HFCS تا سطح ۷۵٪، می‌تواند علاوه بر افزایش ثبات ترکیبات زیست فعال، ویژگی‌های حسی و رئولوژیکی سس کچاپ را بهبود دهد.

واژگان کلیدی: سس کچاپ، شربت ذرت با فروکتوز بالا، شکر، لیکوپن، ویژگی‌های رئولوژیکی

• مقدمه

گوجه فرنگی یکی از مهم‌ترین فرآورده‌های کشاورزی است که اغلب به صورت محصولات فرآوری شده از قبیل رب، کنسانتره، کچاپ و غیره در بازار به فروش می‌رسد (۱). گوجه فرنگی و فرآورده‌های مختلف تهیه شده از آن، منابع بی نظیری از ویتامین‌ها و مواد معدنی، لیکوپن و سایر ترکیبات ضد اکسایش در رژیم غذایی انسان تلقی می‌شوند (۳، ۲) کچاپ اصطلاحی است که برای تعدادی از محصولات مختلف که از پالپ‌ها و میوه‌های فصلی تهیه می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. کچاپ تهیه شده از گوجه فرنگی یک محصول بسیار محبوب و در عین حال غیر همگن و ادویه‌ای است که عمدتاً از گوجه‌فرنگی یا محصولات آن نظیر پوره، کنسانتره و رب تهیه می‌شود (۴). فرمولاسیون کچاپ معمولاً شامل رب گوجه فرنگی پاستوریزه است که با سایر ترکیبات نظیر نشاسته، ارگانیک اسیدها (اغلب سرکه)، نمک، شکر، ادویه‌جات

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]

مخلوط می‌شود و پس از جوشاندن به صورت داغ پر شده یا پس از پر شدن بسته‌بندی و پاستوریزه می‌شود (۵). از دیدگاه فیزیکی کچاپ یک سیستم دو فازی است که در آن ذرات جامد را پالپ گوجه فرنگی و ادویه‌جات تشکیل می‌دهند که در یک فاز پیوسته متشکل از شکر، نمک‌ها، ارگانیک اسید، اجزای پکتینی محلول و سایر ترکیبات محلول در آب، به حالت تعلیق در آمده‌اند. ویسکوزیته‌ی فاز پیوسته بیشتر از هر چیزی تحت تأثیر نوع ترکیبات موجود در آن به ویژه پلی-ساکاریدی طبیعی موجود در گوجه فرنگی نظیر ترکیبات پکتینی و نیز هیدروکلوییدهای مورد استفاده در فرمولاسیون کچاپ قرار می‌گیرد. کچاپ همراه با انواع مختلفی از غذاها به عنوان چاشنی مصرف می‌شود چرا که سبب بهبود طعم آن‌ها می‌شود. استفاده از آن راحت بوده و جزء فرآورده‌های غذایی کم کالری طبقه‌بندی می‌گردد (۶، ۴).

ارزش تغذیه‌ای، رنگ، طعم و قوام مهم‌ترین جنبه‌های کیفی محصولات فرآوری شده گوجه فرنگی می‌باشند که رفتار خرید مصرف‌کننده را به طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار می-دهد (۷). آگاهی از ویژگی‌های رئولوژیکی مواد غذایی سیال و نیمه جامد اهمیت زیادی در طراحی فرآیند، کنترل کیفیت، نگهداری، پایداری طی فرآوری و حصول درک درستی از بافت آن دارد. ویسکوزیته سس کچاپ یکی از جنبه‌های کیفی مهم در پذیرش مصرف کنندگان و نیز مهندسی فرآیند می‌باشد. معمولاً ویسکوزیته به عنوان یکی از ویژگی‌های فیزیکی مهم مرتبط با کیفیت مواد غذایی می‌باشد. از طرفی داده‌های رئولوژیکی دقیقی برای طراحی و بهینه سازی عملکرد تجهیزات مختلف مورد استفاده طی فرآوری از قبیل پمپ، انتقال، مبدل‌های حرارتی، اواپراتور، استرلیزاتور، فیلتر و میکسرها مورد نیاز است. از دیدگاه فروش نیز ویسکوزیته از اهمیت زیادی برخوردار است چرا که محصولی که از این نظر نامطلوب است جزء محصولات با کیفیت پایین‌تر طبقه بندی شده و بایستی با قیمتی پایین‌تر فروخته شود. ویسکوزیته و سایر ویژگی‌های رئولوژیکی سس‌های بر پایه‌ی گوجه فرنگی نظیر چیلی و کچاپ تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل دمای فرآیند، محتوای ترکیبات جامد محلول و سایر اجزای موجود در فرمولاسیون قرار می‌گیرد (۹، ۸). یکی دیگر از ویژگی‌های کیفی مهم کچاپ که در درجه بندی آن نیز حائز اهمیت است، تمایل آن به حفظ فاز مایع در سوسپانسیون است. از آنجایی که کچاپ یک سوسپانسیون ناهمگن است لذا کنترل جدایش سرمی در این محصول از نظر تجاری از اهمیت زیادی برخوردار است، چرا که ممکن است این جدایش سرمی در طی نگهداری نیز رخ دهد (۱۰).

شیرین‌کننده‌ها از عناصر کلیدی در فرمولاسیون بسیاری از محصولات و کالاهای غذایی تلقی می‌شوند و جهت حفظ طعم شیرین و خوشایند این محصولات می‌توان از جایگزین‌های شکر استفاده کرد که برخی از آن‌ها کالری را افزایش نمی‌دهند (۱۱). در فرمولاسیون کچاپ نیز شیرین‌کننده‌ها یکی از اجزای اصلی مورد استفاده می‌باشند که برای این منظور معمولاً از شکر، دکستروز، شربت ذرت یا شربت گلوکز (به فرم مایع یا خشک شده) یا مخلوطی از آن‌ها استفاده می‌شود. با توجه به اینکه در فرمولاسیون کچاپ که از مقادیر قابل توجهی شکر استفاده می‌شود، کاربرد سایر شیرین‌کننده‌ها می‌تواند از نظر تولید محصولی با ویژگی‌های متفاوت مفید واقع گردد. با این وجود پذیرش این محصولات توسط مصرف‌کنندگان زمانی امکان‌پذیر است که ویژگی‌های محصول تا حد امکان مشابه ویژگی‌های ایجاد شده توسط شکر باشد (۱۱). میزان شیرین-کننده‌ها به ویژه شکر بسته به نوع فرمولاسیون کچاپ، ممکن است تا ۲۵٪ برسد. پروفایل حسی کچاپ و میزان استفاده از ترکیبات شیرین‌کننده بسته به ذائقه مصرف‌کنندگان و نوع استفاده از آن دارد (۱۲).

در حال حاضر ساکارز یا شکر متداول‌ترین شیرین‌کننده‌ی مورد استفاده در صنایع غذایی است و نه تنها شیرینی محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد بلکه تأثیر به سزایی روی ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی آن خواهد داشت (۱۳). امروزه به دلیل افزایش نگرانی مصرف کنندگان پیرامون سلامتی، سبک زندگی آن‌ها به سمت مصرف مواد غذایی با محتوای کربوهیدرات، چربی و نمک کمتر تغییر کرده است و جایگزین کردن ساکارز با شیرین‌کننده‌های مغذی و غیر مغذی دیگر بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۱۴). شربت ذرت با فروکتوز بالا HFCS (High Fructose Corn Syrup) برای اولین بار در سال ۱۹۶۷، از هیدرولیز نشاسته ذرت به گلوکز توسط گلوکوآمیلاز و آلفا-آمیلاز و به دنبال آن ایزومریزاسیون گلوکز حاصله به فروکتوز تهیه شد (۱۵). فواید استفاده از HFCS در فرمولاسیون مواد غذایی مختلف عبارت است از: شباهت ترکیبی آن به شکر معمولی، افزایش شدت طعم‌های دیگر به دلیل تشخیص سریع توسط جوانه‌های چشایی، حفظ تازگی و افزایش دوره‌ی نگهداری محصول به دلیل کنترل رطوبت و کاهش رشد میکروبی، حفظ بافت نرم محصولات پخت به دلیل حفظ رطوبت و مقاومت به کریستالیزاسیون، توسعه‌ی طعم و رنگ قهوه‌ای در فرآورده‌های پخت، حفظ بهتر رنگ در محصولاتی از قبیل کچاپ، حفظ ثبات ساختاری در محدوده‌ی وسیعی از دما و اسیدیته، حفظ انعطاف‌پذیری

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]

محصولات منجمد به دلیل پایین بودن نقطه‌ی انجماد و کاهش آسیب به دندان در مقایسه با شکر (۱۷، ۱۶).

در اکثر مطالعات انجام شده در زمینه‌ی سس کچاپ، تأثیر قوام دهنده‌ها بر ویژگی‌های رئولوژیکی و فیزیکوشیمیایی این محصول مورد بررسی قرار گرفته است. تاکنون هیچ بررسی در زمینه‌ی جایگزینی شکر با HFCS یا سایر شیرین‌کننده‌های طبیعی در سس کچاپ انجام نشده است. با توجه به مزیت‌های HFCS نسبت به شکر و قیمت پایین‌تر آن، هدف این بررسی جایگزینی شکر با HFCS با نسبت‌های مختلف (۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و ۰٪) می‌باشد. از آنجایی‌که هرگونه تغییر در فرمولاسیون سس کچاپ می‌تواند ویژگی‌های کیفی آن‌را تحت تأثیر قرار دهد، لذا در این تحقیق با هدف بررسی تأثیر این جایگزینی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی سس کچاپ انجام گرفت.

• مواد و روش‌ها

مواد : شربت گلوکز (با معادل دکستروز ۴۲) و HFCS (دارای ۵۸-۵۵٪ فروکتوز و pH ۳/۹) از پالایشگاه غلات زر (هشتگرد، ایران) تهیه شدند. تولید سس کچاپ در کارخانه نامی نو (اراک، ایران) انجام و سایر مواد مورد نیاز برای تهیه سس از این مجموعه تهیه شد. استون، هگزان و اتانول از کمپانی مرک (Darmstadt, Germany) و هیدروکسید سدیم از کمپانی سیگما (St. Louis, MO, USA) تهیه شدند و همگی از درجه آزمایشگاهی بودند.

تهیه و آماده سازی نمونه‌های سس کچاپ : در این تحقیق برای تهیه سس کچاپ از رب گوجه فرنگی (۲۰٪)، شکر (۱۳٪)، سرکه (۱۰/۵٪)، گلوکز مایع با معادل دکستروز ۴۲ (۸/۲٪)، نمک (۱/۶٪)، نشاسته اصلاح شده ذرت و صمغ گوار (۲٪)، صمغ گوار (۰/۲٪) و ادویه‌جات شامل پودر پیاز و آویشن (۰/۴٪) استفاده شد. شکر در ۵ سطح مختلف با HFCS جایگزین شد که حاصل این جایگزینی ۵ فرمولاسیون 100-HFCS (۰٪ شکر + ۱۰۰٪ HFCS)، 75-HFCS (۲۵٪ شکر + ۷۵٪ HFCS)، 50-HFCS (۵۰٪ شکر + ۵۰٪ HFCS)، 25-HFCS (۷۵٪ شکر + ۲۵٪ HFCS) و 0-HFCS (۱۰۰٪ شکر + ۰٪ HFCS) بود و مابقی فرمول را نیز آب تشکیل می‌داد. با در نظر گرفتن بریکس HFCS، رب گوجه فرنگی، شربت گلوکز و بریکس نهایی مورد نظر، آب مورد استفاده در فرمولاسیون تنظیم گردید. هم‌چنین حداکثر میزان سرکه مورد استفاده در فرمولاسیون ۱۰/۵٪ بود که با در نظر گرفتن pH اسیدی شربت فروکتوز (۳/۹)، با اندازه‌گیری pH سس کچاپ حین تولید، مقدار آن در فرمولاسیون‌های مختلف تنظیم گردید. در واقع با در نظر گرفتن جنبه‌های تکنولوژیکی و رسیدن به حدود مجاز در استاندارد ایران علاوه بر درصد شکر و HFCS، مقدار آب و سرکه جهت رسیدن به بریکس ۳۲ و pH ۳/۶ در فرمولاسیون‌های مختلف تنظیم شد.

به طور خلاصه مراحل تولید سس کچاپ به این صورت بود که ابتدا نصف آب فرمول را داخل میسکر ریخته و گرم شدن آغاز می‌شود. شربت گلوکز همراه با نصف سرکه فرمول به آب افزوده شده و هم زدن صورت می‌گیرد. در مرحله بعد با افزودن نمک و مابقی آب فرمول، هم زدن را ادامه یافت. شکر، گوار و نشاسته به صورت پودر با یکدیگر مخلوط و به مخلوط قبلی افزوده شدند. در نهایت رب گوجه‌فرنگی، ادویه‌جات و مابقی سرکه افزوده شدند. سپس HFCS به فرمولاسیون افزوده می‌شود. در نهایت حرارت دهی در دمای ۹۰°C به مدت ۲ دقیقه صورت گرفت و سس کچاپ تهیه شده در ظروف ۱ کیلویی پر و بسته بندی انجام شد. این فرآیند در پایلوت کارخانه نامی نو انجام شد.

آزمون‌های شیمیایی: جهت تعیین فعالیت آبی (a_w) نمونه‌های سس کچاپ نیز از دستگاه مدل Sprint-TH5000 (Novasina, UK) استفاده شد. اندازه‌گیری اسیدیته طبق روش AOAC به شماره ۱۵-۹۴۲ انجام شد (۱۸). بریکس یا ترکیبات جامد محلول کل پس از کالیبره کردن دستگاه رفراکتومتر آزمایشگاهی KEM مدل RA-600 (Tokyo, Japan) در دمای ۲۰ °C انجام شد. اندازه‌گیری pH پس از کالیبره کردن دستگاه pH متر Metrohm 913 (Herisau, Switzerland) با بافرهای ۷ و ۴ انجام شد.

اندازه‌گیری لیکوپن : جهت استخراج و اندازه‌گیری لیکوپن در نمونه‌های سس کچاپ از روش فیش و همکاران (۱۹) استفاده شد. برای این منظور ابتدا ۰/۲۵ گرم نمونه سس کچاپ در ارلن توزین و به آن مخلوط هگزان– اتانول- استن (با نسبت ۱: ۱: ۲ حجمی) افزوده شد به نحوی‌که حجم نهایی به ۲۰ میلی‌لیتر برسد. ارلن فویل پیچی گردید و روی همزن مغناطیسی با دور ۳۰۰ rpm به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت. سپس، ۳ میلی لیتر آب مقطر به مخلوط قبلی افزوده شد و محلول به مدت ۵ دقیقه دیگر هم زده شد. مخلوط حاصله به مدت ۵ دقیقه در حالت سکون، جهت جدایش فاز آلی و آبی قرار گرفت. فاز آبی زیری مجدداً تا زمانی که مواد باقی مانده کاملاً بی رنگ شوند، استخراج گردید. پس از ادغام فازهای رویی، جذب آن در طول موج ۵۰۳ nm با دستگاه اسپکتروفتومتر UV-1800 (Shimadzu, Japan) قرائت گردید. از هگزان به عنوان بلانک استفاده شد. محتوای لیکوپن نمونه‌ها با استفاده از رابطه ۱ زیر محاسبه گردید:

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]

رابطه ۱

$$Lycopene\ (\mu g/g) = A_{503}/(17.2 \times 10^4\ L\ mole^{-1}cm^{-1}) \times 1/b\ cm\ \times 536.9\ g/mole \times 1\ L/10^3\ ml \times 10^6\ \mu g/1g\ \times V\ ml/kg\ sample\ \times\ kg/10^3 g$$

که در رابطه‌ی فوق، A_{503} جذب فاز غیر قطبی در طول موج ۵۰۳ nm، b طول مسیر عبور نور (cm)، ۵۳۶/۹ وزن مولکولی لیکوپن (g/mole)، V حجم فاز غیر آلی (ml)، 10^4 × ۱۷/۲ ضریب خاموشی مولی برای لیکوپن در هگزان (L/mole.cm) می‌باشد.

اندازه‌گیری رنگ : فاکتورهای روشنایی (*L**)، زردی (*b**) و قرمزی (*a**) فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ با استفاده از دستگاه هانترلب (ColorFlex EZ, USA) تعیین گردید. نمونه‌ها در بشقابک‌های شیشه‌ای تمیز پر شد به طوری که از تشکیل حباب‌های هوا جلوگیری شود. پلیت‌ها روی دستگاه قرار گرفت و پس از پوشاندن آن با سرپوش مخصوص دستگاه رنگ نمونه‌ها قرائت گردید.

تعیین ویژگی‌های رئولوژیکی: خواص رئولوژیکی نمونه‌های سس کچاپ با استفاده از دستگاه رئومتر مدل Physica MCR301 (Anton paar, USA) بررسی شدند. کلیه آزمون‌ها در دمای ۲۵ °C و با استفاده از سیستم اندازه‌گیری با صفحات موازی به قطر ۵۰ mm و فاصله بین صفحات ۰/۳ mm صورت گرفت. تمامی نمونه‌ها قبل از انجام هر آزمون به مدت ۱۵ دقیقه بدون اعمال تنش پیش نگهداری شدند. آزمون جریان برشی پایا به منظور بررسی خواص جریان و ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های سس کچاپ در محدوده نرخ برش 1/s ۰/۰۰۱-۱۰۰ انجام شد و مقادیر تنش برشی و ویسکوزیته برشی بر حسب نرخ برش ثبت گردید. آزمون روبش تنش در حالت نوسانی و به صورت کنترل تنش از محدوده Pa ۱۰۰-۰/۱ با فرکانس ۱Hz انجام شد. به منظور بررسی خواص ویسکوالاستیک خطی نمونه‌ها، آزمون روبش فرکانس در محدوده ویسکوالاستیک خطی (تنش برابر Pa ۱) و در محدوده فرکانس ۱۰Hz-۰/۱ انجام شد. کلیه نرم افزاری نتایج آزمون با استفاده از نرم افزار Rheoplus 3.40 انجام گرفت (۸).

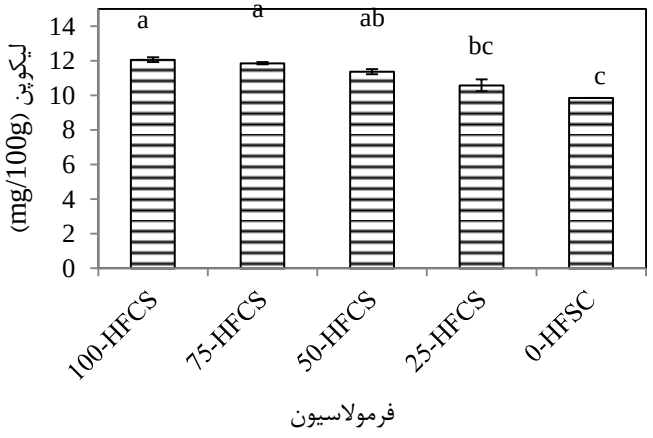
جدایش سرمی: برای این منظور پس از توزین ۱۰ گرم سس در فالکون‌های ۱۵ میلی‌لیتری، تحت نیروی گریز از مرکز g ۴۷۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شدند (**HERMLE** Labortechnik GmbH, **Z 326**, Germany). پس از آن سرم آزاد به دقت جدا شده و فاز رسوبی مجدداً وزن گردید. از تقسیم اختلاف وزن قبل و بعد از سانتریفوژ به وزن اولیه درصد جدایش سرمی حاصل می‌شود (۱۰).

ارزیابی حسی: فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ توسط ۲۰ ارزیاب حسی آموزش‌دیده از کارکنان پالایشگاه غلات زر انجام شد. جهت انجام ارزیابی حسی، نمونه‌های سس کچاپ کد گذاری شده و در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت. نمونه‌ها از نظر رنگ، بو، طعم، قوام، چسبندگی به ظرف و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در حین ارزیابی، از افراد خواسته شد پس از خوردن هر نمونه دهان خود را با آب شست و شو دهند. برای ارزیابی حسی از روش هدونیک ۵ امتیازی استفاده شد که امتیاز ۵ به نمونه‌ی عالی و امتیاز ۱ به نمونه‌ی خیلی بد تعلق گرفت. از چیپس سیب زمینی ساده به عنوان ماده همراه در ارزیابی طعم استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری : آزمایشات به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. جهت تجزیه و تحلیل آماری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نمونه‌های سس کچاپ از تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) استفاده و مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون دانکن (P<۰/۰۵) انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری با نرم‌افزار Minitab.16 صورت گرفت. تمامی اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار انجام شد.

• یافته‌ها

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، فرمولاسیون 100-HFCS و 0-HFCS به ترتیب دارای بیشترین (mg/100g d.b ۱۲/۰۶) و کمترین (۹/۸۶ mg/100g d.b) لیکوپن بودند. اختلاف معنی‌داری بین سس‌های کچاپ تهیه شده با ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰٪ جایگزینی HFCS مشاهده نشد (P>۰/۰۵) اما این سه فرمولاسیون اختلاف معنی‌داری با نمونه‌ی کنترل داشتند (P<۰/۰۵).



شکل ۱. محتوای لیکوپن فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]

نتایج مربوط به اندازه‌گیری رنگ فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ در جدول ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود میزان *L* از ۲۴/۰۷ در فرمولاسیون 100-HFCS به طور معنی‌داری کاهش و به ۲۲/۴۶ در نمونه‌ی 0-HFCS رسید. اما اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۲۵ و ۵۰٪ جایگزینی با 0-HFCS مشاهده نشد (P>۰/۰۵). مقادیر *b* روندی عکس *L* داشتند به طوری که با افزایش درصد ساکارز در فرمول مقادیر زردی به طور قابل توجهی کاهش یافت. فرمولاسیون 100-HFCS دارای کمترین*b* بود و از این نظر اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها داشت. مهم‌ترین پارامتر رنگی برای نمونه‌های سس، قرمزی آن می‌باشد که قابلیت پذیرش مصرف‌کنندگان را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. فرمولاسیون 100-HFCS دارای بیشترین *a* بود و از این نظر اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها داشت. اختلاف معنی‌داری بین سطوح جایگزینی ۷۵، ۵۰ و ۲۵٪ و هم‌چنین ۵۰، ۲۵ و ۰٪ از نظر *a* مشاهده نشد (P>۰/۰۵). از دیگر شاخص‌های رنگی مهم که در ارزیابی کیفی محصولات بر پایه‌ی گوجه فرنگی نظیر رب و سس استفاده می‌شود، می‌توان به نسبت *a*/b* اشاره کرد. بیشترین میزان نسبت *a*/b* متعلق به فرمول 0-HFCS بود که اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها نشان داد (P<۰/۰۵) و با افزایش درصد جایگزینی به ۰/۸ در فرمولاسیون 100-HFCS رسید.

نتایج مربوط به اندازه‌گیری pH، بریکس و اسیدیته در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، pH فرمولاسیون‌های مختلف بین ۳/۶۹-۳/۴۹ متغیر بود که همگی در محدوده‌ی مجاز استاندارد ملی ایران (۲۰) قرار داشتند. با افزایش میزان جایگزینی شکر با HFCS، pH نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت. این کاهش متناسب با افزایش اسیدیته از ۰/۸۵٪ در فرمولاسیون 100-HFCS به ۱/۶۵٪ برای فرمولاسیون 0-HFCS بود. بیشینه‌ی قابل قبول اسیدیته برای سس کچاپ در استاندارد ملی ایران (۲۰)، حداکثر ۲/۵٪ می‌باشد. در مورد بریکس نیز همانطور که مشاهده می‌شود (جدول ۲)، اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف استفاده از HFCS با فرمول تهیه شده با شکر مشاهده نشد (P>۰/۰۵) و مقادیر بریکس بین ۳۳/۰۰-۳۲/۲۸ متغیر بود. حد کمینه بریکس برای سس کچاپ در استاندارد ملی ایران (۲۰) ۳۰ می‌باشد که تمامی فرمولاسیون‌ها از این نظر در محدوده‌ی قابل قبول قرار داشتند. همانطور که در جدول ۲ دیده می‌شود، a_w در فرمولاسیون تهیه شده با ۱۰۰٪ شکر، ۰/۹۱۲ بود که اختلاف معنی‌داری با سایر فرمولاسیون‌ها نشان داد (P<۰/۰۵). در فرمولاسیون‌های بر پایه‌ی HFCS، a_w به طور معنی‌داری کاهش یافت و به ۰/۸۹۰-۰/۸۸۳رسید اما اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (P<۰/۰۵). مقادیر انرژی فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ در جدول ۲ نشان داده شده است. سطح انرژی فرمولاسیون‌های مختلف اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند (P<۰/۰۵). مقادیر انرژی در فرمولاسیون‌های مختلف بر پایه‌ی HFCS بین cal/gr ۳۷۵۴-۳۷۲۸، در حالی‌که انرژی فرمولاسیون 0-HFCS کمی بیشتر و cal/gr ۳۷۸۳ بود.

جدول ۱. ویژگی‌های رنگی فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ

فرمولاسیون	روشنایی (*L*)	زردی (*b*)	قرمزی (*a*)	a*/b*
100-HFCS	^{a}۲۴/۰۷ ± ۰/۱۳	^{b} ۱۶/۴۳ ± ۰/۰۸	^{a}۳۲/۶۷ ± ۰/۰۷	^{a}۱/۹۸ ± ۰/۰۰
75-HFCS	^{b}۲۳/۸۱ ± ۰/۲۸	^{a} ۱۷/۸۱ ± ۰/۵۹	^{b}۳۱/۰۱ ± ۰/۴۵	^{b}۱/۸۴ ± ۰/۰۸
50-HFCS	^{bc}۲۲/۴۹ ± ۰/۱۶	^{a}۱۷/۰۵ ± ۰/۳۴	^{bc}۲۹/۵۸ ± ۰/۱۲	^{bc}۱/۷۳ ± ۰/۰۳
25-HFCS	^{c}۲۲/۸۶ ± ۰/۰۷	^{a}۱۷/۱۲ ± ۰/۰۶	^{bc}۲۹/۴۱ ± ۰/۱۳	^{c}۱/۷۱ ± ۰/۰۱
0-HFSC	^{c}۲۲/۴۶ ± ۰/۴۲	^{a}۱۹/۵۲ ± ۰/۳۶	^{c}۲۷/۹۳ ± ۰/۵۳	^{d}۱/۴۳ ± ۰/۰۴

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۰/۹۵ می‌باشد.

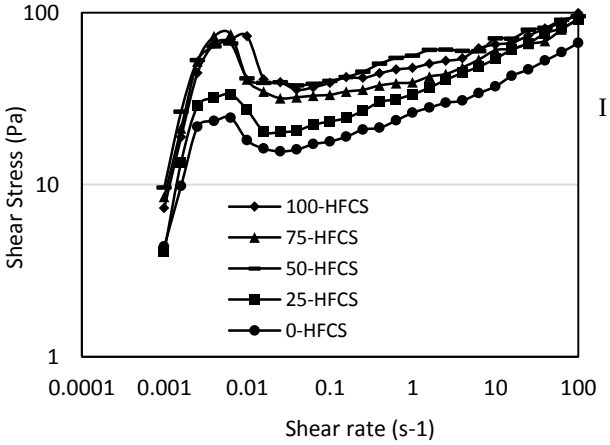
جدول ۲. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ

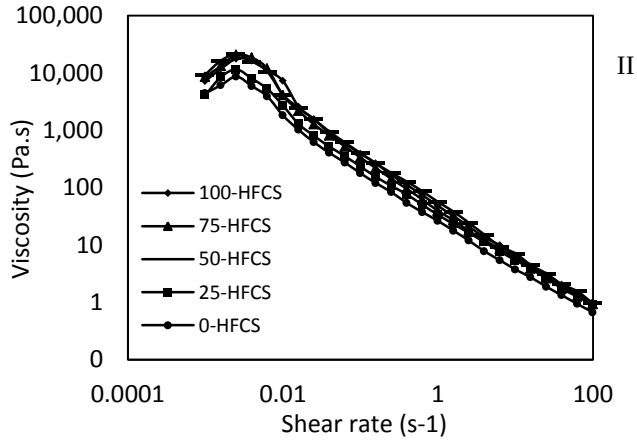
فرمولاسیون	pH	بریکس	اسیدیته	فعالیت آبی	انرژی
100-HFCS	^{a}۳/۶۹ ± ۰/۰۱	^{a}۳۳/۰۰ ± ۰/۹۴	^{a}۰/۸۵ ± ۰/۰۱	^{b}۰/۸۸۰ ± ۰/۰۰۴	^{a}۳۷۵۴ ± ۱۳
75-HFCS	^{b}۳/۶۴ ± ۰/۰۰	^{ab}۳۳/۰۰ ± ۰/۰۰	^{b}۰/۹۵ ± ۰/۰۰	^{b}۰/۸۸۰ ± ۰/۰۰۳	^{a}۳۷۴۰ ± ۲۰
50-HFCS	^{c}۳/۶۳ ± ۰/۰۱	^{bc}۳۲/۳۳ ± ۰/۴۷	^{c}۱/۰۶ ± ۰/۰۱	^{b}۰/۸۸۷ ± ۰/۰۰۳	^{a}۳۷۲۷ ± ۲۲
25-HFCS	^{c}۳/۵۹ ± ۰/۰۰	^{ab}۳۳/۰۰ ± ۰/۸۱	^{d}۱/۳۴ ± ۰/۰۰	^{b}۰/۸۸۶ ± ۰/۰۰۲	^{a}۳۷۵۰ ± ۵
0-HFSC	^{d}۳/۴۹ ± ۰/۰۰	^{c}۳۱/۰۰ ± ۰/۰۰	^{e}۱/۶۵ ± ۰/۰۱	^{a}۰/۹۱۲ ±۰/۰۰۱	^{a}۳۷۸۲ ± ۱۲

حروف غیر مشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۰/۹۵ می‌باشد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]

شکل ۲ (I) منحنی‌های جریان فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ را نشان می‌دهد. طبق این نتایج، رفتار جریان کلیه نمونه‌ها از روند مشابهی پیروی می‌کنند. بر این اساس علاوه بر رفتار غیر نیوتنی نمونه‌ها، وجود یک قله در محدوده نرخ برش $۰/۰۰۱-۰/۰۱ s^{-1}$، نشانگر وجود نقطه تسلیم ناشی از شکست ساختار شبکه‌ای سوسپانسیون سس کچاپ در این محدوده می‌باشد.





شکل ۲. منحنی‌های جریانی (I) و تغییرات ویسکوزیته بر حسب سرعت برشی (II) فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ

به منظور بررسی دقیق‌تر رفتار رئولوژیکی نمونه‌ها، نتایج بر مدل‌های رئولوژیکی Herschel-Bulkley و Bingham برازش شدند. مدل رفتار جریان هرشل-بالکلی قبلاً به طور گسترده جهت توصیف رفتار سوسپانسیون‌های غذایی نظیر سس کچاپ مورد استفاده قرار گرفته است. رابطه ۲ و ۳ به ترتیب مدل رفتار جریان هرشل بالکلی و بینگهام را نشان می‌دهند.

$$\tau = \tau_0^h + K_h \cdot \gamma^{\cdot n} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

$$\tau = \tau_0^b + \eta \cdot \gamma^{\cdot} \qquad \text{رابطه (۳)}$$

در این روابط τ تنش برشی بر حسب پاسکال، τ_0^h و τ_0^b تنش تسلیم مدل‌های هرشل-بالکلی و بینگهام بر حسب پاسکال، K_h شاخص پایداری، n شاخص رفتار جریان، $\gamma^{\cdot}$ تنش برشی بر حسب معکوس ثانیه و η پارامتر ویسکوزیته بینگهام پلاستیک می‌باشد. کلیه برازش‌ها در محدوده نرخ برش s^{-1} ۰/۰۱-۱۰۰ انجام گرفته و نتایج در جدول ۳ گردآوری شده است. ضرایب همبستگی نشان می‌دهد که نتایج تجربی قابلیت انطباق پایینی با رابطه مدل بینگهام دارند درحالی که مدل هرشل-بالکلی به خوبی نتایج تجربی را در محدوده مورد نظر توصیف می‌کند.

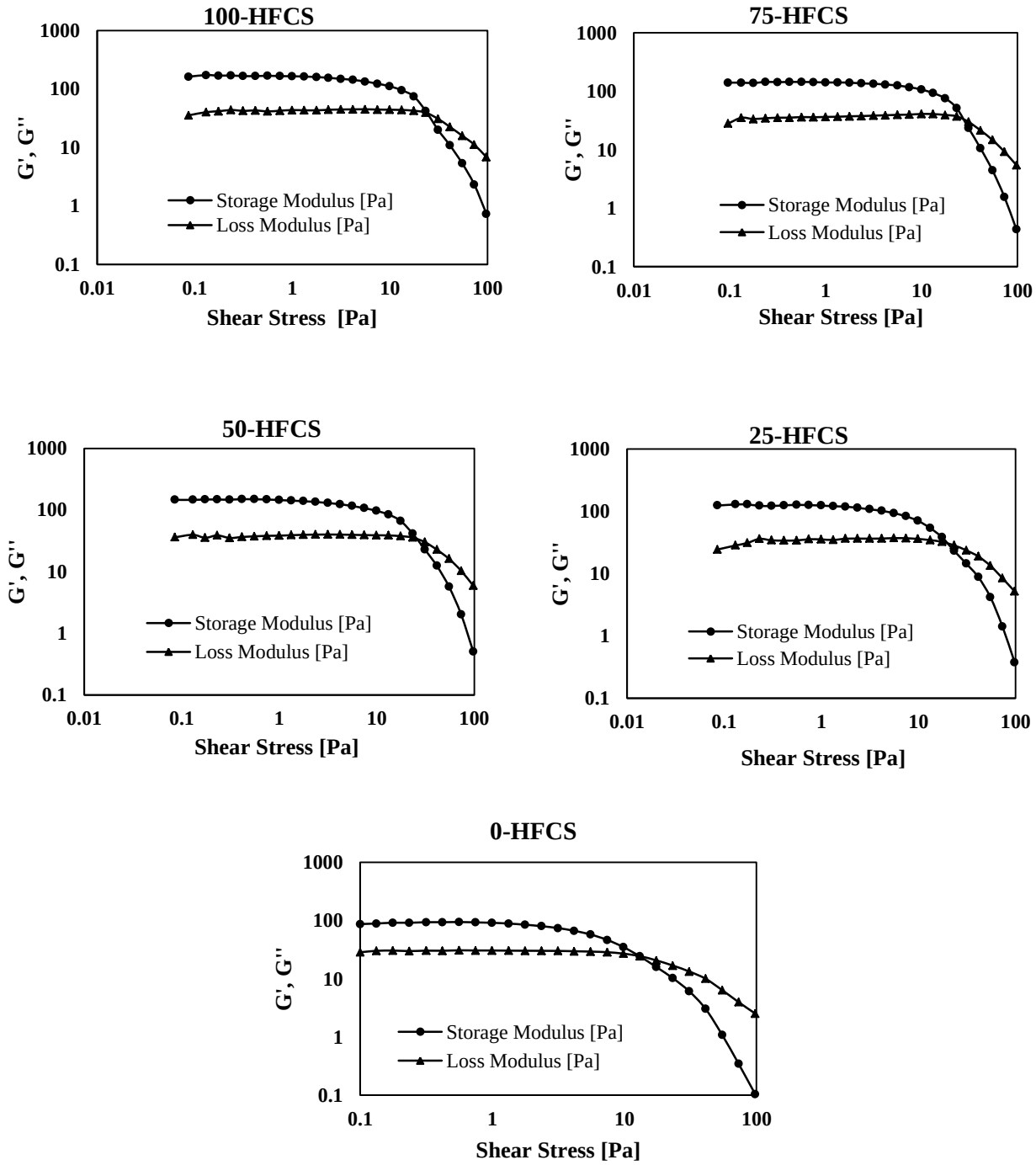
منحنی‌های ویسکوزیته بر حسب سرعت برشی برای فرمولاسیون‌های مختلف در شکل ۲ (II) مشاهده می‌شود. موارد قابل توجه عبارتند از رفتار سودوپلاستیک کلیه نمونه‌ها و عدم تغییر معنی‌دار شیب منحنی‌ها در محدوده سرعت برشی s^{-1} ۰/۰۱-۱۰۰.

منحنی‌های مدول ذخیره (G') و اتلاف (G") بر حسب تنش برشی در حالت نوسانی در فرکانس ۱ Hz برای فرمولاسیون‌های مختلف در شکل ۳ مشاهده می‌شود. هریک از منحنی‌های شکل ۳، دو ناحیه را نمایش می‌دهد؛ در مقادیر پایین تنش برشی، منحنی‌های G' و G" مستقل از تنش و به‌صورت خط افقی می‌باشند (ناحیه ویسکوالاستیک خطی Linear Visco- Elastic). در حالی که با افزایش میزان تنش برشی و عبور از یک مقدار تنش بحرانی (τ_c)، به دلیل تخریب ساختار سه بعدی سوسپانسیون، علاوه بر افزایش نسبت G' و G"، تابعیت این دو پارامتر بر حسب تنش اعمالی نیز تغییر می‌یابد.

جدول ۳. مقادیر تنش تسلیم و پارامترهای مدل هرشل بالکلی و بینگهام برای فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ

فرمولاسیون	پارامترهای مدل هرشل-بالکلی				پارامترهای مدل بینگهام			τ_Y (Pa)
	K_h (Pa.s^n)	n	τ_0^h (Pa)	R^2	τ_0^b (Pa)	η	R^2	
100-HFCS	۱۳/۹۷۳	۰/۳۳۱	۳۳/۵۷	۰/۹۹۱	۴۳/۵۸	۰/۷۴۳	۰/۷۷۸	۷۱/۴۳
75-HFCS	۱۱/۱۹۱	۰/۳۶۸	۲۹/۳۶۵	۰/۹۸۸	۳۷/۱۳	۰/۷۲۵	۰/۷۹۷	۷۳/۸۶
50-HFCS	۱۷/۸۲۱	۰/۳۴۱	۲۷/۵۲۹	۰/۹۴۸	۳۶/۴۳	۱/۰۴۹	۰/۵۴۰	۶۴/۹۷
25-HFCS	۱۹/۳۳۷	۰/۳۲۳	۱۴/۴۰۱	۰/۹۹۷	۲۶/۰۷	۱/۰۸۹	۰/۷۳۱	۳۲/۶۶
0-HFCS	۱۳/۴۳۶	۰/۳۰۲	۱۱/۵۳	۰/۹۹۷	۲۰/۰۳	۰/۶۶۸۳	۰/۷۲۷	۲۴/۹۰

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]

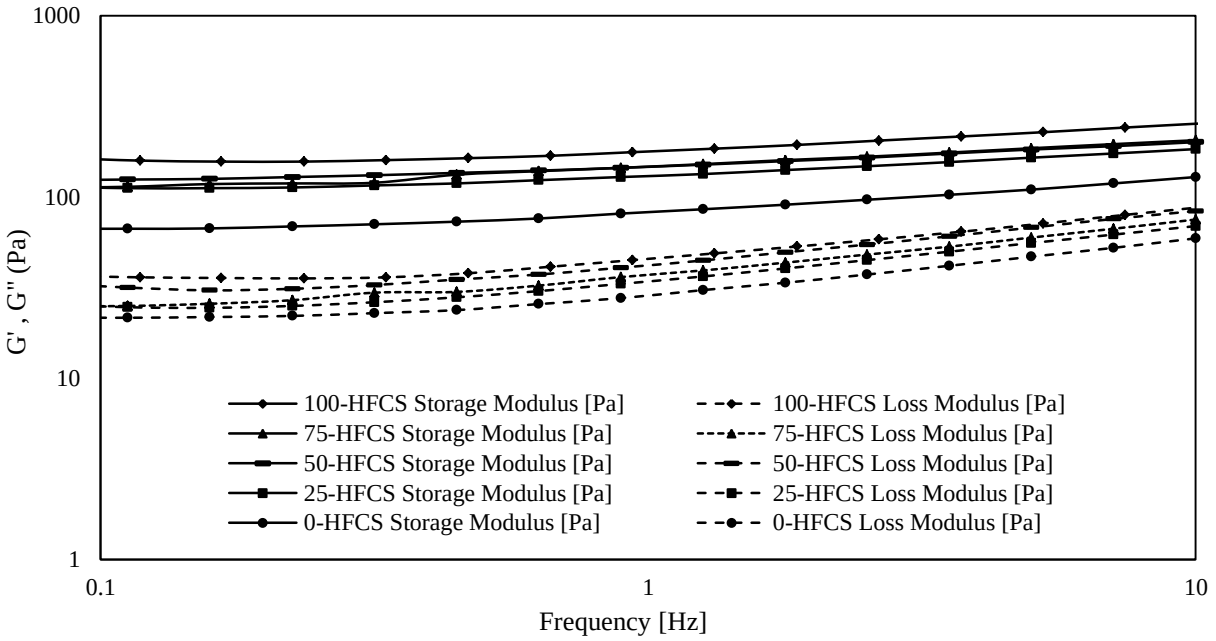


شکل ۳. تغییرات مدول ذخیره ('G) و اتلاف ("G) بر حسب تنش برشی در حالت نوسانی با فرکانس ۱ Hz برای فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ

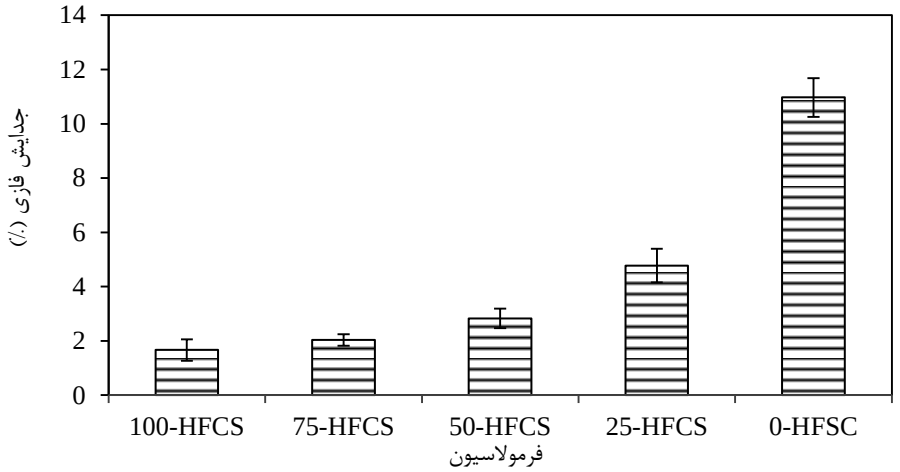
منحنی‌های 'G و "G بر حسب فرکانس در محدوده فرکانس ۰/۱-۱۰Hz در شکل ۴ مشاهده می‌شود. در مورد تمامی فرمولاسیون‌ها در محدوده فرکانس مورد آزمون، میزان 'G بالاتر از "G بوده که نشان‌دهنده غلبه خواص الاستیک بر خواص ویسکوز در این محدوده فرکانس می‌باشد.

تأثیر جایگزینی شکر با HFCS بر جدایش سرمی سس کچاپ در شکل ۵ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، فرمولاسیون تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر میزان جدایش سرمی داشت و اختلاف بین فرمولاسیون‌های مختلف از این نظر معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). بیشترین جدایش مربوط به 0-HFCS (۱۰/۹۶٪) بود و کمترین آن برای 100-HFCS (۱/۶۶٪) مشاهده گردید.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]



شکل ۴. تغییرات مدول ذخیره (G') و اتلاف (G'') بر حسب فرکانس برای فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ



شکل ۵. جدایش سرمی برای فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ

ویژگی‌های حسی فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در بین فرمولاسیون‌های مختلف بیشترین امتیاز رنگ مربوط به فرمولاسیون 100-HFCS بود و از این نظر اختلافی با سطوح جایگزینی ۷۵-۲۵ نداشت (P< ۰/۰۵). در بین نمونه‌های مورد بررسی سس کچاپ تهیه شده با شکر به دلیل رنگ تیره از مقبولیت کمتری برخوردار بود و کمترین امتیاز را به خود اختصاص داد. در ارزیابی بوی نمونه‌ها اختلاف آماری معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده نشد (P>۰/۰۵) و امتیاز آن‌ها بین ۳/۹۲-۳/۵۲ متغیر بود. ارزیابی طعم نمونه‌ها حاکی از آن بود که استفاده از HFCS تأثیر معنی‌داری بر این ویژگی حسی داشته (P<۰/۰۵) و به ترتیب فرمولاسیون‌های با سطح جایگزینی ۷۵، ۱۰۰، ۵۰، ۲۵ و ۰٪ دارای بیشترین امتیاز طعم بودند. از نظر قوام نیز همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، ارزیابان بیشترین امتیاز را به فرمولاسیون 100-HFCS و کمترین آن را به 0-HFCS دادند اما اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۱۰۰-۲۵٪ جایگزینی دیده نشد که با نتایج آزمون‌های رئولوژیکی مطابقت داشت. یکی دیگر از فاکتورهای مورد بررسی، چسبندگی به ظرف و سهولت جدا شدن از ظرف بود که از نظر این ویژگی اختلاف آماری معنی‌داری بین فرمولاسیون‌های مختلف دیده نشد (P<۰/۰۵) اما فرمولاسیون 0-HFCS بیشترین امتیاز را کسب کرد. در ارزیابی کلی پذیرش حسی، ارزیابان بیشترین امتیاز را به ترتیب به فرمولاسیون‌های 75-HFCS، 100-HFCS، 50-HFCS و 20-HFCS و در نهایت 0-HFCS دادند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]

جدول ۴. مقادیر ویسکوزیته، تنش بحرانی (τ_c)، تنش در نقطه جریان (τ_{flow}) و پارامتر سختی (G'_{LVE}) برای فرمولاسیون‌های مختلف

سس کچاپ				
فرمولاسیون	ویسکوزیته (Pa.s)	τ_c (Pa)	τ_{flow} (Pa)	G'_{LVE}(Pa)
100-HFCS	۰/۹۹	۸/۵۵	۲۴/۱۱۸	۱۶۵ ± ۷
75-HFCS	۰/۹۳	۹/۸۲	۲۷/۴۱۶	۱۴۱ ± ۵
50-HFCS	۰/۹۵	۷/۱۱	۲۵/۷۶۶	۱۴۵ ± ۹
25-HFCS	۰/۹۱	۴/۴۸	۱۹/۹۷۶	۱۲۴ ± ۵
0-HFCS	۰/۶۷	۳/۲۴	۱۳/۰۴۸	۹۳ ± ۱۰

• بحث

حدود ۸۳٪ از رنگ قرمز گوجه فرنگی رسیده در نتیجه حضور لیکوپن می‌باشد و پوست گوجه فرنگی در بین اجزای تشکیل دهنده این میوه بیشترین میزان لیکوپن را داراست. علاوه بر لیکوپن، بتا-کاروتن نیز حدود ۷٪ از کل رنگدانه‌های گوجه فرنگی را تشکیل می‌دهد (۲۲، ۲۱). تأثیر جایگزینی شکر با HFCS بر محتوای لیکوپن سس کچاپ در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده در این بررسی برای محتوای لیکوپنی با نتایج راجل و همکاران (۵) (mg/100g ۱۰/۷) و شاروبا و همکاران (۲۳) (mg/100 g ۱۱/۲۴۹-۷/۰۱۳) برای سس‌های کچاپ تجاری مطابقت داشت. در تحقیق دیگری نیز، محتوی ایزومری ترانس و سیس لیکوپن برای نمونه‌های مختلف سس گوجه‌فرنگی به ترتیب mg/100gr ۱۰/۷۵-۱۷/۹۷ و mg/100gr ۲/۰۷-۵/۷۳ گزارش شد (۲۴). نتایج مطالعات مختلف نشان داده است لیکوپن نسبت به سایر ترکیبات کارتنوییدی نظیر بتا کاروتن و لوتیین از حساسیت بیشتری نسبت به واکنش‌های اکسیداتیو و حرارتی برخوردار است (۲۵). نتایج مطالعات نشان داده است محلول‌های قندی با حفظ اکسیژن سبب محافظت از ترکیبات لیکوپنی می‌شوند (۲۶). قندهای احیاءکننده نظیر گلوکز و فروکتوز به دلیل دارا بودن گروه‌های آلدهیدی و کتونی دارای فعالیت ضد اکسایشی می‌باشند. فعالیت ضد اکسایشی این قندها در آزمون‌های مختلف ارزیابی فعالیت ضد اکسایشی احیاء یون آهن در آزمون FRAP (Ferric reducing antioxidant power) به اثبات رسیده است (۲۷).

محققین مختلفی مقادیر a^*، b^* و L^* را برای سس گوجه‌فرنگی گزارش کرده‌اند. فرحناکی و همکاران (۲۸) مقادیر L^* و نسبت a*/b* را برای نمونه‌های سس کچاپ تهیه شده با درصدهای مختلف پودر پالپ گوجه‌فرنگی را به ترتیب بین ۵۰/۲۰-۵۶/۸۴ و ۱/۲۶-۲/۶۹ گزارش کردند. تفاوت مشاهده شده بین مقادیر L^* گزارش شده در این بررسی و تحقیق حاضر را می‌توان به فرمولاسیون مورد استفاده و روش تهیه سس کچاپ نسبت داد. در بررسی دیگری مقادیر L^*، b^* و a^* برای ۴ نمونه‌ی تجاری سس کچاپ تهیه شده با شیرین کننده‌های مختلف به ترتیب بین ۲۰/۲-۲۶/۱، ۷/۲-۱۴/۹ و ۱۸/۳-۲۳/۹ گزارش شد. مقادیر L^* برای سس کچاپ تهیه شده با ساکاروز، آسپارتام، آسه سولفام و مخلوط سیکلامات + ساخاری + استویا به ترتیب۲۰/۲، ۲۲/۳، ۲۶/۱ و ۲۰/۲ و مقادیر a^* ۲۰/۱، ۲۰/۷، ۲۳/۱ و ۲۰/۲ بود (۱۲). در تحقیق دیگری، شیرین کننده‌ی مصنوعی نئوتام در ۴ سطح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ جایگزین شکر موجود در فرمولاسیون سس کچاپ شد و ویژگی‌های آن‌ها با نمونه‌ی تهیه شده با ۱۰۰٪ شکر مقایسه گردید. نتایج اندازه‌گیری رنگ نشان داد با افزایش درصد نئوتام در فرمولاسیون مقادیر L^*، a^* وb^* افزایش یافتند و مقادیر آن‌ها برای فرمولاسیون‌های مختلف به ترتیب در محدوده‌های ۱۹/۹-۲۴/۲، ۲۰/۸-۲۴/۰۰ و ۹/۹-۱۲/۰۰ قرار داشتند. نسبت a*/b* شاخصی از ارتباط بین زردی و قرمزی نمونه‌هاست. در مورد رب گوجه فرنگی نسبت ۱/۹ یا بالاتر بیانگر بهترین کیفیت رنگ است و مقادیر کمتر از ۱/۸ قابل قبول نیست. از آنجایی‌که در مورد سس کچاپ از ترکیبات دیگری به جز رب گوجه فرنگی در فرمولاسیون استفاده می‌شود. بنابراین، نسبت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. مقادیر a*/b* در بررسی حاضر بین ۱/۹۸ برای 100-HFCS و ۱/۴۳ برای 0-HFCS متغیر بود (جدول ۱). بنابراین سطوح جایگزینی ۱۰۰ و ۷۵٪ بهترین شاخص a*/b* را دارا بودند. بانوارت و همکاران (۱۱) مقادیر ۱/۶-۲/۵۴، فرحناکی و همکاران (۲۸) مقادیر ۱/۲۶-۲/۶۹ و بانوارت و همکاران (۱۲) مقادیر ۲-۲/۱۴ را برای سس‌های تهیه شده با فرمولاسیون-های مختلف گزارش کردند.

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش میزان HFCS در فرمولاسیون کچاپ pH افزایش و اسیدیته کاهش یافت. به دلیل pH اسیدی HFCS (pH-۳/۹)، در زمان تولید ۵

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]

فرمولاسیون مختلف سس کچاپ سعی بر آن بود که این پارامتر به طور دقیقی حین تولید کنترل شوند. به همین دلیل میزان سرکه و آب مورد نیاز برای رسیدن به pH، اسیدیته و بریکس مناسب در فرمول‌های مختلف متفاوت بود و با افزایش درصد جایگزینی شکر با HFCS، میزان سرکه و آب افزوده شده به سیستم کاهش یافت که در نهایت به افزایش pH و کاهش اسیدیته با افزایش درصد جایگزینی شکر با HFCS منجر گردید. در جایگزینی شکر با نئوتام در فرمولاسیون سس کچاپ، ترکیبات جامد محلول از ۳۱/۳۳ در فرمول تهیه شده با شکر به ۱۱/۴۹ در فرمول تهیه شده با ۱۰۰٪ نئوتام کاهش یافت که حاکی از کاهش قابل ملاحظه‌ی بریکس می‌باشد (۱۲). از آنجایی‌که بریکس یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی این محصول می‌باشد، لذا می‌توان گفت شیرین‌کننده‌های مصنوعی قادر به تأمین مواد جامد محلول سس نیستند و بنابراین می‌توانند سایر ویژگی‌ها را نیز به طور معکوسی تحت تأثیر قرار دهند. حال آنکه در مطالعه‌ی حاضر استفاده از HFCS در هیچ یک از سطوح، این پارامتر کیفی مهم را تحت تأثیر قرار نداد.

a_w فاکتوری است که فعالیت آنزیم‌ها، واکنش میلارد، اکسیداسیون چربی، ثبات میکروبی، تازگی، بافت و سایر ویژگی‌های کیفی مواد غذایی و در نتیجه مدت زمان ماندگاری آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۹). با توجه به اینکه در فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ تنها نوع قند مورد استفاده متفاوت است، لذا تفاوت مشاهده شده بین مقادیر a_w فرمولاسیون‌های مختلف را می‌توان به تفاوت در نوع شیرین-کننده‌ی مورد استفاده نسبت داد. توانایی اتصال به آب و حفظ رطوبت قندها به وزن مولکولی و غلظت آن‌ها بستگی دارد. فروکتوز و شربت‌های حاوی فروکتوز نظیر HFCS-55 دارای خواص هیگروسکوپی و هیومکتانسی (Humectancy) بیشتری نسبت به ساکارز، دکستروز و سایر شیرین‌کننده‌های مغذی می‌باشد (۱۵). a_w فروکتوز، گلوکز و ساکارز در دمای ۲۵ $^{\circ}C$ به ترتیب ۰/۶۳۴، ۰/۸۹۱ و ۰/۸۴۴ گزارش شده است. بنابراین از آنجایی که فروکتوز از توانایی بالایی برای کاهش a_w برخوردار است، لذا فروکتوز کریستالی و HFCS نیز از این ویژگی عملکردی مطلوب برخوردار خواهند بود (۳۰).

جدول ۲ نشان می‌دهد، اختلاف معنی‌داری بین انرژی فرمولاسیون‌های مختلف سس وجود ندارد. مقادیرکالری شکر سفید، HFCS-42، HFCS-55 و فروکتوز کریستالی به ترتیب ۳/۹، ۳/۷، ۳/۷ و ۳/۶ kcal/g گزارش شده است (۳۰). که تأییدی بر نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌باشد.

همان طور که در شکل ۲ (I) مشاهده می‌شود، تمامی فرمولاسیون‌ها جز سیالات غیر نیوتونی محسوب می‌شوند که در محدوده نرخ برش s^{-1} ۰/۰۰۱-۰/۰۱ دارای نقطه تسلیم (τ_Y) بودند. تنش تسلیم یکی از ویژگی‌های فیزیکی و رئولوژیکی مواد مایع یا جامد می‌باشد و عبارت است از حداقل تنش برشی که بایستی به مواد اعمال گردد تا شروع به جریان یافتن کنند. اغلب مواد غذایی چند فازی نظیر پوشش‌های سالاد، سس‌ها و محصولات مالیدنی (Spreads) دارای τ_Y می-باشند (۳۱). مقادیر τ_Y نمونه‌ها توسط آنالیز تنش-کرنش نرم افزار Rheoplus 3.40 محاسبه شده و در جدول ۲ مشاهده می‌گردد. با توجه به این نتایج، مقادیر τ_Y از ۲۴/۹ تا ۷۳/۸۶ پاسکال متغیر بود و فرمولاسیون 0-HFCS تفاوت قابل ملاحظه‌ای در مقادیر τ_Y نسبت به نمونه‌های دیگر داشت. در فرمولاسیون‌های دیگر، با افزایش درصد جایگزینی شکر با HFCS، میزان τ_Y افزایش یافت. میزان تنش در نقطه تسلیم با پایداری شبکه سوسپانسیون افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان گفت با تغییر نوع شیرین‌کننده از شکر به مخلوط شکر و HFCS پایداری شبکه سوسپانسیون تغییر و میزان تنش تسلیم از ۲۴/۹۰ به ۳۲/۶۶ Pa افزایش و پایداری سوسپانسیون با افزایش درصد HFCS به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود یافت. بنابراین می‌توان گفت HFCS می‌تواند در نقش یک عامل اتصال دهنده (Binding agent) بین اجزای سوسپانسیون سس عمل کرده و به نوعی اصلاح کننده رئولوژیکی تلقی شود. مقادیر τ_Y در سس‌های کچاپ حاوی انواع مختلف نشاسته اصلاح شده بین ۱۰/۶۱-۵۸/۲۰ pa متفاوت بود (۶). کوچکی و همکاران (۹) گزارش کردند مقادیر τ_Y با افزایش غلظت هیدروکلوییدها و در سس و کاهش دما افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه در این بررسی نوع و میزان هیدروکلویید مورد استفاده در تمامی فرمولاسیون‌ها یکسان است، لذا تفاوت مشاهده شده در مقادیر τ_Y تنها با نسبت جایگزینی شکر قابل توجیه خواهد بود.

در مدل هرشل بالکلی، n نشان دهنده میزان انحراف از سیال نیوتنی بعد از نقطه تسلیم بوده و در مقادیر کوچکتر از واحد (n<1) نشان دهنده رفتار سودوپلاستیک و مقادیر بزرگتر از واحد نشان دهنده رفتار دایلاتانت سیال می‌باشد. همچنین مقدار n=1 بیانگر رفتار نیوتنی سیال است. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بیشترین انحراف از پیش بینی مدل هرشل-بالکلی در نمونه‌های حاوی HFCS به دلیل اثرات شکست ساختار مستحکم شبکه‌ای ماده در محدوده تسلیم مشاهده می‌شود. در بررسی نتایج برازش بر مدل هرشل-

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]

بالکلی، n برای کلیه نمونه‌ها کوچکتر از واحد (بین ۰/۳۰۲ و ۰/۳۶۸) بوده که تأیید کننده رفتار سودوپلاستیک کلیه‌ی فرمولاسیون‌ها می‌باشد. این رفتار توسط محققان دیگری نیز برای سس کچاپ گزارش شده است. مقادیر n را برای سس-های کچاپ حاوی هیدروکلوییدهای مختلف بین ۰/۲۲۸-۰/۱۸۹ (۹) و برای هشت نوع سس تجاری تولید شده در مصر و آلمان بین ۰/۴۲-۰/۲۵ (۲۳) گزارش شد. منشا رفتار سودوپلاستیک سوسپانسیون‌های غذایی جهت گیری ذرات جامد در مسیر جریان برشی اعمال شده است. بنابراین شکل، اندازه و درصد کلی مواد جامد موجود در سس بر مقدار شاخص رفتار جریان مؤثرند (۲۳). طبق نتایج، در بین نمونه-های حاوی شربت، با افزایش نسبت شربت به شکر، به طور کلی n اندکی افزایش می‌یابد. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که میزان K_h نمونه‌ها از ۱۱/۱۹۱ تا ۱۹/۳۳۷ $Pa.s^n$ متغیر است. پیش بینی تنش تسلیم در مدل هرشل-بالکلی با مقادیر تجربی τ_Y ظاهری اختلاف دارند، اما از روندی مشابه مقادیر تجربی پیروی می‌نمایند. بنابراین، مقایسه میان نمونه‌ها تصویر نسبتاً درستی از اختلاف پایداری ساختار شبکه‌ای آنها ارائه می‌دهند. منحنی‌های ویسکوزیته بر حسب سرعت برشی برای فرمولاسیون‌های مختلف در شکل ۲ (II) مشاهده می‌شود. موارد قابل توجه عبارتند از رفتار سودوپلاستیک کلیه نمونه‌ها و عدم تغییر معنادار شیب منحنی‌ها در محدوده سرعت برشی ۰/۰۱-۱۰۰ s^{-1}. بنابراین استخراج مقادیر ویسکوزیته در نرخ برشی بی‌نهایت از این داده‌ها امکان پذیر نیست. طبق نتایج، تفاوت در مقادیر شاخص رفتار جریان، موجب تغییر ترتیب ویسکوزیته‌ی فرمولاسیون‌ها در نرخ‌های برشی مختلف شده است اما به طور کلی نمونه 0-HFCS نسبت به سایر نمونه‌ها ویسکوزیته کمتری نشان داد (۰/۶۷ Pa.s). نگاهی به ویسکوزیته‌ی فرمولاسیون‌ها در نرخ برشی ۱۰۰ s^{-1} (جدول ۵) نشان می‌دهد که نمونه 0-HFCS کمترین ویسکوزیته را داراست. بنابراین اضافه کردن HFCS به فرمولاسیون سس کچاپ، منجر به افزایش ویسکوزیته شده است. مقادیر گزارش شده برای ویسکوزیته‌ی ظاهری سس‌های کچاپ تجاری بین ۶۷۷/-۱/۰۹۹ Pa.s بوده است (۲۳). یکی از عوامل مؤثر بر افزایش ویسکوزیته محتوای مواد جامد می‌باشد که خود در نتیجه افزایش حرکات مولکولی است (۳۱، ۹).

مدول ذخیره (G') نمایانگر مقدار انرژی ذخیره شده توسط ساختار ماده و مدول اتلاف (G") نشانگر میزان انرژی تلف شده به صورت اتلاف ویسکوز در یک چرخه تغییر شکل برشی است. بنابراین، نسبت G" به G' می‌تواند رفتار کلی ماده (شبه جامد یا شبه مایع) را تعیین نماید. در ناحیه‌ی LVE کلیه‌ی فرمولاسیون‌ها (شکل ۳)، مقادیر G' بالاتر از G" می‌باشد. با افزایش میزان تنش برشی و عبور از یک مقدار تنش بحرانی (τ_c)، به دلیل تخریب ساختار سه بعدی سوسپانسیون، علاوه بر افزایش نسبت G" به G'، تابعیت این دو پارامتر بر حسب تنش اعمالی نیز تغییر می‌یابد. طبق نتایج جدول ۵، کمترین مقدار τ_c مربوط به فرمولاسیون 0-HFCS و بیشترین مقدار مربوط به نمونه‌های 75-HFCS و 100-HFCS می‌باشد. اختلاف قابل ملاحظه‌ی محدوده ویسکوالاستیک خطی در فرمولاسیون‌های حاوی HFCS و 0-HFCS نشان دهنده‌ی تأثیر چشمگیر HFCS در افزایش پایداری شبکه سه بعدی سوسپانسیون می‌باشد. به نظر می‌رسد برهمکنش‌های پیچیده میان اجزای سوسپانسیون منشاء ایجاد رفتار ژل مانند (جامد ویسکوالاستیک) در مقادیر کم تنش برشی می‌باشد. مقدار عددی τ_c، علاوه بر تعیین محدوده ناحیه LVE، می‌تواند معرف میزان پایداری ساختار شبکه‌ای سوسپانسیون در برابر میدان تنش برشی اعمال شده در حالت نوسانی باشد. مقدار تنش برشی در نقطه برخورد دو منحنی G' و G" که با نام نقطه جریان (Flow Point) شناخته می‌شود و میزان G' در ناحیه ویسکوالاستیک خطی تحت عنوان پارامتر سختیRigidity (G'_{LVE}) نیز محاسبه و در جدول ۵ نشان شده است.

وجود اختلاف در مقادیر τ_c و τ_{flow} با τ_y نشان دهنده مقاومت کمتر ساختار نمونه‌ها در مقابل اعمال تنش نوسانی می‌باشد. با این حال روند تغییرات این پارامترها همبستگی خوبی با یکدیگر در هر دو آزمون نشان می‌دهند. علاوه بر این، نزدیکی مقادیر τ_{flow} و τ_0 مدل هرشل بالکلی نشان می‌دهد که پارامتر τ_{flow} نسبت به τ_c تخمین دقیق‌تری از تنش تسلیم به-دست آمده از منحنی جریان ارائه می‌کند. بررسی مقادیر G'_{LVE} نمونه‌ها نشان می‌دهد که مقادیر بین ۱۶۵-۹۳ Pa متغیر هستند. این مقادیر رفتار کلیه نمونه‌ها در محدوده LVE را به عنوان "جامد نرم" توصیف می‌کند. این پارامتر به منظور بررسی استحکام و سختی ساختار در حالت آسایش به-کار می‌رود. به طور کلی، با افزایش میزان شربت در فرمولاسیون سس، مقدار این پارامتر نیز افزایش می‌یابد. این موضوع نشان می‌دهد که علاوه بر نقش HFCS در افزایش پایداری شبکه، نقش مستقلی در افزایش استحکام و سختی آن نیز ایفا می‌کند. به طوری که در نمونه 100-HFCS علی-رغم پایداری کمتر شبکه نسبت به نمونه 75-HFCS، میزان استحکام ساختار به دلیل غلظت بالاتر شربت، بیشتر است.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]

جدول ۵. ثابت‌های قانون توان برای 'G و "G در فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ

فرمولاسیون	$K'(Pa)$	n'	$K''(Pa)$	n''
100-HFCS	۱۵۰/۶۱	۰/۱۱۴	۳۲/۷۶	۰/۲۱۶
75-HFCS	۱۱۵/۲۹	۰/۱۳۷	۲۴/۷۲	۰/۲۵۰
50-HFCS	۱۱۳/۷۳	۰/۱۳۸	۲۶/۹۶	۰/۲۶۳
25-HFCS	۱۰۸/۷۵	۰/۱۱۷	۲۳/۱۹	۰/۲۴۶
0-HFCS	۶۴/۹۹	۰/۱۵۱	۲۰/۱۹	۰/۲۳۵

منحنی‌های 'G و "G بر حسب فرکانس در محدوده فرکانس ۰/۱-۱۰Hz در شکل ۴ مشاهده می‌شود. در مورد تمامی فرمولاسیون‌ها در محدوده فرکانس آزمون میزان 'G بالاتر از "G بوده که نشان‌دهنده غلبه خواص الاستیک بر خواص ویسکوز در این محدوده فرکانس می‌باشد. بر این اساس پایداری پخش ذرات جامد در زمان‌های انبارش نسبتا طولانی (فرکانس پایین) مانع از ته نشینی ذرات جامد سس و دوفازی شدن آن است. همچنین شیب مثبت ملایم کلیه منحنی‌ها نشان دهنده وجود ساختار ضعیف ژل (Weak Gel) در تمامی فرمولاسیون‌هاست. طبق نتایج، نمونه 100-HFCS دارای بیشترین و نمونه 0-HFCS دارای کمترین میزان مدول 'G و "G نسبت به سایر نمونه‌ها می‌باشند. بنابراین نسبت جایگزینی HFCS در فرمولاسیون سس با میزان مدول 'G و "G نسبت مستقیم دارد. به منظور بررسی بیشتر 'G و "G بر حسب فرکانس زاویه‌ای، مقادیر این دو پارامتر بر حسب فرکانس زاویه‌ای بر قانون توانی (روابط ۴ و ۵) برازش شد. بر این اساس ضمن انطباق مناسب داده‌ها بر قانون توانی ($R > 0.92$)، ثابت‌های قانون توانی برای نمونه‌ها استخراج شد که نتایج در جدول ۶ مشاهده می‌شود.

$$G' = K'.\omega^{n'}$$ رابطه (۴)

$$G'' = K''.\omega^{n''}$$ رابطه (۵)

طبق داده‌های جدول۶، مقادیر K' و K'' به ترتیب از ۶۴/۹۹ تا ۱۵۰/۶۱ Pa و از ۲۰/۱۹ تا ۷۶/۳۲ Pa متغیر است. در یک روند کلی با افزایش نسبت HFCS به شکر، هر دو پارامتر افزایش یافته است. همچنین مقایسه مقادیر n' و n'' نشان می‌دهد که در تمامی نمونه‌ها تابعیت "G به فرکانس اعمالی بیشتر از 'G است اما نسبت شکر به HFCS اثر قابل توجهی بر این تابعیت نداشته و تنها مقادیر G' و G'' را جابه‌جا می‌کند. نکته قابل توجه دیگر، وجود هماهنگی نسبتاً مناسب میان روند تغییرات K' و K'' با تغیرات مقادیر تنش تسلیم و شاخص رفتار جریان به‌دست آمده از آزمون جریان برشی پایا است.

یکی از فاکتورهای مهمی که در درجه‌بندی کچاپ مد نظر قرار می‌گیرد، تمایل محصول در حفظ فاز مایع یا آب خود در سوسپانسیون می‌باشد. جدایش سرمی یا سینرسیس (Syneresis) یکی از مشکلات بسیار جدی در محصولات فرآوری شده گوجه فرنگی می‌باشد و این ویژگی تحت تأثیر عوامل مختلفی از قبیل قوام، pH، محتوای مواد جامد و میزان ترکیبات پکتیکی قرار می‌گیرد. هم در محصولات غلیظ و هم رقیق ممکن است جدایش سرمی به میزان کم یا زیاد رخ دهد (۳۲).

جدول ۶. ویژگی‌های حسی فرمولاسیون‌های مختلف سس کچاپ

ویژگی حسی	فرمولاسیون				
	100-HFCS	75-HFCS	50-HFCS	25-HFCS	0-HFSC
رنگ	۴/۲۱ ab	۴/۰۵ a	۳/۸۴ ab	۳/۸۴ ab	۳/۲۶ b
بو	۳/۷۸ a	۳/۹۲ a	۳/۷۸ a	۳/۵۷ a	۳/۵۲ a
طعم	۳/۷۳ ab	۴/۱۵ a	۳/۶۸ ab	۳/۳۱ b	۳/۱۵ b
قوام	۴/۰۰ a	۳/۶۸ ab	۳/۷۳ ab	۳/۴۲ ab	۲/۸۹ b
چسبندگی به ظرف	۳/۵۷ a	۳/۶۳ a	۳/۵۲ a	۳/۴۱ a	۳/۷۸ a
پذیرش کلی	۳/۷۳ a	۴/۰۵ a	۳/۳۶ ab	۳/۳۶ ab	۲/۷۸ b

حروف غیر مشابه در هر سطر بیانگر اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۰/۹۵ می‌باشد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]

همان‌طور که مشاهده شد (شکل ۵)، میزان جدایش سرمی در فرمولاسیون 0-HFCS حداکثر بود و پس از آن با افزایش میزان HFCS با طور معنی‌داری کاهش یافت. علاوه بر تأثیر ویژگی‌های رئولوژیکی بر جدایش سرمی که در بخش‌های قبلی به آن اشاره شد، ویژگی هیومکتانتی (Humectant) بی نظیر HFCS می‌تواند بر افزایش پایداری دو فاز در سس کچاپ مؤثر باشد. مواد هیومکتانت به موادی گفته می‌شود که توانایی حفظ رطوبت و به عبارتی مقاومت در برابر تغییرات رطوبت برخوردارند (۱۵). بنابراین طبیعی است که با افزایش HFCS به دلیل توانایی این شربت در حفظ رطوبت، از جدایش تدریجی فاز آبی جلوگیری شود. شیرینی یکی از ویژگی‌های عملکردی اصلی قندهاست و از این نظر اختلاف زیادی بین آن‌ها وجود دارد. مقادیر شیرینی نسبی برای ساکارز، فروکتوز کریستالی، HFCS-90، HFCS-55، HFCS-42 و شربت گلوکز (DE=۴۲) به ترتیب ۱، ۱/۸-۱/۲، ۱/۶-۱/۲، ۱ یا کمی بیشتر، ۱ و ۰/۵ می‌باشد. تقریباً هیچ‌یک از شربت‌های گلوکز به شیرینی ساکارز نمی‌باشند. یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد HFCS درک سریع شیرینی آن می‌باشد. در مقایسه با ساکارز، شیرینی HFCS بسیار سریع احساس شده و وقفه‌ای در این احساس وجود ندارد. در مقابل شیرینی ساکارز دیرتر احساس می‌شود اما مدت زمان احساس شیرینی آن بیشتر است (۳۰). در سس کچاپ بسته به نوع مصرف و ذائقه‌ی مصرف‌کننده، مطلوبیت طعم شیرین متغیر است و همانطور که نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، در جایگزینی ۱۰۰٪ شکر با HFCS احتمالاً به دلیل افزایش سرعت احساس طعم شیرین، برخی ارزیابان حسی این طعم را نپذیرفتند و بیشترین امتیاز طعم متعلق به فرمول 75-HFCS بود. نتایج به دست آمده در آزمون ارزیابی رنگ با نتایج مربوط به اندازه‌گیری L^*، a^* و لیکوپن همسو بود و فرمولاسیون‌های حاوی HFCS به دلیل رنگ قرمز و درخشان‌تر در آزمون حسی نیز از مقبولیت بیشتری برخوردار بودند.

علت‌های افت امتیاز فرمولاسیون تهیه شده با ۱۰۰٪ شکر در پذیرش کلی محصول، رنگ تیره و کدر توام با قوام پایین‌تر آن بود (جدول ۴). همچنین فرمولاسیون 100-HFCS احتمالاً به دلیل طعم شیرین‌تر امتیاز کمتری در ارزیابی پذیرش کلی کسب کرد. هیچ مطالعه‌ای در زمینه تأثیر جایگزینی شکر موجود در فرمولاسیون کچاپ با HFCS و تأثیر آن بر ویژگی‌های حسی محصول در منابع علمی یافت نشد. اما در بررسی انجام شده روی جایگزینی شکر موجود در فرمولاسیون سس کچاپ با نئوتام، نتایج ارزیابی حسی نشان داد جایگزینی شکر با نئوتام تأثیر به سزایی روی رنگ داشته و امتیاز رنگ از ۶/۲۵ در نمونه‌های ۱۰۰٪ شکر به ۳/۸۲ در نمونه‌ی ۱۰۰٪ نئوتام کاهش یافت. میزان درخشندگی، قوام ظاهری و احساس دهانی نیز با افزایش میزان نئوتام کاهش نشان داد (۱۲).

نتیجه‌گیری کلی آنکه در فرآورده‌ای نظیر سس کچاپ، ویژگی‌های حسی و رئولوژیکی محصول نهایی از اهمیت زیادی برخوردارند که فاکتورهای عملیاتی و فرمولاسیون محصول به شدت آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج حاکی از آن بود که افزایش درصد جایگزینی شکر با کاهش a_w همراه است که خود می‌تواند به ثبات میکروبی محصول کمک کند. جدایش سرمی که یکی از مشکلات اصلی است که طی نگهداری سس رخ می‌دهد، با جایگزینی HFCS به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. سس‌های تهیه شده با HFCS از رنگ قرمزتر و درخشانی نسبت نمونه‌ی کنترل برخوردار بودند که یکی از دلایل مقبولیت بالای سس‌های حاوی HFCS در ارزیابی حسی محسوب می‌شود. هم‌چنین با جایگزینی شکر شاهد حفظ ترکیبات زیست فعال گوجه فرنگی و بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی آن بودیم. با در نظر گرفتن تمامی ویژگی‌های موثر در رفتار خرید مصرف کننده، در نهایت سطح جایگزینی ۷۵٪ به عنوان بهترین سطح جهت کاربرد صنعتی HFCS در سس کچاپ به تولیدکنندگان پیشنهاد می‌شود. به دلیل قیمت پایین‌تر HFCS نسبت به شکر، قیمت تمام شده محصول نیز پایین‌تر خواهد بود که از دیدگاه اقتصادی برای تولیدکنندگان بسیار مهم تلقی می‌شود.

سپاسگزاری: بدین وسیله از حمایت مالی گروه صنعتی و پژوهشی فرهیختگان زر نام (شماره ثبت : ۲۱۵۳) و همکاری گروه صنایع غذایی نامی نو جهت تهیه سس کچاپ قدردانی می‌گردد. همچنین نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از حمایت بخش کنترل کیفیت شرکت زر فروکتوز که بستر مناسبی را برای انجام آزمون‌های مختلف فراهم نمودند، نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]

• References

1. Tehrani MM, Ghandi A. Modification of Bostwick method to determine tomato concentrate consistency. J Food Eng. 2007;79(4):1483-6.
2. Viuda-Martos M, Sanchez-Zapata E, Sayas-Barberá E, Sendra E, Perez-Alvarez J, Fernandez-Lopez J. Tomato and tomato byproducts. Human health benefits of lycopene and its application to meat products: a review . Crit Rev Food Sci Nut. 2014;54(8):1032-49.
3. Canene-Adams K, Campbell JK, Zaripheh S, Jeffery EH, Erdman JW. The tomato as a functional food. J. Nutr. 2005;135(5):1226-30.
4. Sahin H, Ozdemir F. Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups. Food Hydrocolloids. 2004;18(6):1015-22.
5. Rajchl A, Voldřich M, Čížková H, Hronová M, Ševčík R, Dobiáš J, et al. Stability of nutritionally important compounds and shelf life prediction of tomato ketchup. J. Food Eng. 2010;99(4):465-70.
6. Juszczak L, Oczadły Z, Gałkowska D. Effect of modified starches on rheological properties of ketchup. Food Bioproc. Techn. 2013;6(5):1251-60.
7. Thakur B, Singh R, Nelson P. Quality attributes of processed tomato products: a review. Food Rev Int. 1996;12(3):375-401.
8. Gamonpilas C, Pongjaruvat W, Fuongfuchat A, Methacanon P, Seetapan N, Thamjedsada N. Physicochemical and rheological characteristics of commercial chili sauces as thickened by modified starch or modified starch/xanthan mixture. J Food Eng. 2011;105(2):233-40.
9. Koocheki A, Ghandi A, Razavi S, Mortazavi SA, Vasiljevic T. The rheological properties of ketchup as a function of different hydrocolloids and temperature. Int J. Food Sci Tech. 2009;44(3):596-602.
10. Gujral HS, Sharma A, Singh N. Effect of hydrocolloids, storage temperature, and duration on the consistency of tomato ketchup. Int Food Prop. 2002;5(1):179-91.
11. 11Bannwart G, Bolini HMA, Toledo M, Siqueira PB. Application of neotame in catchup: quantitative descriptive and physicochemical analysis. Alim. Nutr. 2008;18(3):241-51.
12. Bannwart G, Bolini HMA, Siqueira PB, Brito CAK, Pio TF, Toledo MCDF. Evaluation of brazilian light catchups I: Time-intensity and consumer acceptance studies. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2006; 24(2):457-74.
13. Zargaraan A, Kamaliroosta L, Yaghoubi AS, Mirmoghtadaie L. Effect of Substitution of Sugar by High Fructose Corn Syrup on the Physicochemical Properties of Bakery and Dairy Products: A Review. Nutrition and Food Sciences Research. 2016;3(4):3-11.
14. Ozdemir C, Dagdemir E, Ozdemir S, Sagdic O. The effects of using alternative sweeteners to sucrose on ice cream quality. J Food Qual. 2008;31(4):415-28.
15. Buck AW.. High fructose corn syrup. In: O'Brien-Nabors L, editor. Alternative sweeteners. 3 nd ed. CRC Press; 2016: 391-413.
16. Lees R, Jackson EB. Sugars and related material. In: Lee R, editor. Sugar confectionery and chocolate manufacture. 2nd ed. Springer Science & Business Media; 2012: 15-46.
17. Moeller SM, Fryhofer SA, Osbahr III AJ, Robinowitz CB, Science Co, Public Health AMA. The effects of high fructose syrup. J Am Coll Nutr. 2009;28(6):619-26.
18. Horwitz W, Latimer GW. Official methods of analysis of AOAC International. 18th ed. Edinburgh: Churchill Livingstone 2000: 1831-8.
19. Fish WW, Perkins-Veazie P, Collins JK. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. J Food Comp Anal. 2002;15(3):309-17.
20. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Tomato sauceSpecifications and Test Methods. ISIRI no 2050. 3rd revision, Karaj: ISIRI; 2016. [in Persian].
21. Arias R, Lee T-C, Logendra L, Janes H. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. J Agric Food Chem. 2000;48(5):1697-702.
22. Khoo H-E, Prasad KN, Kong K-W, Jiang Y, Ismail A. Carotenoids and their isomers: color pigments in fruits and vegetables. Molecules. 2011;16(2):1710-38.
23. Sharoba A, Senge B, El-Mansy H, Bahlol HE, Blochwitz R. Chemical, sensory and rheological properties of some commercial German and Egyptian tomato ketchups. Euro Food Res Technol. 2005;220(2):142-51.
24. Motilva M-J, Macià A, Romero M-P, Labrador A, Domínguez A, Peiró L. Optimisation and validation of analytical methods for the simultaneous extraction of antioxidants: Application to the analysis of tomato sauces. Food Chem. 2014;163:234-43.
25. Takeoka GR, Dao L, Flessa S, Gillespie DM, Jewell WT, Huebner B, et al. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. J Agric Food Chem. 2001;49(8):3713-7.
26. Xianquan S, Shi J, Kakuda Y, Yueming J. Stability of lycopene during food processing and storage. J Med Food. 2005;8(4):413-22.
27. Chua LS, Rahaman NLA, Adnan NA, Eddie Tan TT. Antioxidant activity of three honey samples in relation with their biochemical components. J Anal Meth Chem. 2013; 313798.
28. Farahnaky A, Abbasi A, Jamalian J, Mesbahi G. The use of tomato pulp powder as a thickening agent in the formulation of tomato ketchup. J Texture Stud. 2008;39(2):169-82.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]

29. Mitchell H, editor. Sweeteners and sugar alternatives in food technology: 1 nd ed. Chichester: John Wiley & Sons. 2008. p.93-112.

30. White JS. Sucrose, HFCS, and fructose: history, manufacture, composition, applications, and production. In: Rippe, JM, editor. Fructose, High fructose corn syrup, sucrose and health. 1 nd ed. New York: Springer; 2014: 13-33.

31. Sun A, Gunasekaran S. Yield stress in foods: measurements and applications. Int J Food Prop. 2009; 12(1): 70-101.

32. Maskan M, Göğüş F. Effect of sugar on the rheological properties of sunflower oil–water emulsions. J Food Eng. 2000;43(3):173-7.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]

Effects of Sugar Substitution with High Fructose Corn Syrup on the Qualitative, Rheological and Sensorial Characteristics of Tomato Ketchup Sauce

Amini M[1], Ghaderi-Ghahfrokhi M[2], Borhani B[3], Piran Z[4], Bagheri MH[5]*

1- Ph.D student of Strategic management, Managing director, ZarNam Intellectual Knowledge-based Research Center, Zar Grain Refinery, Hashtgerd, Karaj, Iran

*2- *Corresponding author: Ph.D of Food Technology, Research and development unit, ZarNam Intellectual Knowledge-based Research Center, Zar Grain Refinery, Hashtgerd, Karaj, Iran. Email: M.Ghaderi@zarholding.com*

3- Ph.D student of Physical-chemistry, Research and development unit, ZarNam Intellectual knowledge-based Research Center, Zar Grain Refinery, Hashtgerd, Karaj, Iran

4- Bachelor of Chemical Engineering, Quality control unit, ZarNam Intellectual knowledge-based Research Center, Zar Grain Refinery, Hashtgerd, Karaj, Iran

5- MSc students of Food Science and Technology, Research and development unit, Namino industrial group, Arak, Iran

Received 4 Feb, 2018 **Accepted 2 Jun, 2018**

Background and Objectives: Nutritional value, color, flavor and consistency are the major quality attributes of tomato ketchup, influencing the buying behavior of the consumers. In this study, the effects of sugar replacement with high fructose corn syrup (HFCS) on the qualitative properties of ketchup sauce were investigated.

Materials & Methods: In the present study, sucrose was replaced with HFCS at various levels in ketchup formulation, and five formulations were developed as follows: 0-HFCS, 25-HFCS, 50-HFCS, 75-HFCS and 100-HFCS, representing the HFCS substitution of 0 (control), 25, 50, 75 and 100%. Then the formulations were analyzed for physicochemical, rheological and sensorial characteristics.

Results: Water activity of the ketchup samples containing HFCS was significantly lower than the control. Regarding the lycopene content, the 100-HFCS and control sample presented the highest and lowest values, respectively. Lightness and redness values were increased while yellowness values were decreased significantly with a corresponding increase in the HFCS substitution. Serum separation was reduced from 10.96 to 1.66% by increasing the HFCS content from 0 to 100%. Applied ketchup formulations showed non-Newtonian and shear thinning flow with tendency to yield stress at all HFCS levels. The findings revealed the improvement of the organoleptic attributes of ketchup in terms of color, consistency, taste and overall acceptability as a result of sugar substitution of sugar with HFCS.

Conclusion: Sugar replacement with HFCS up to 75% can improve the sensory and rheological characteristics of ketchup sauce in addition to increasing the stability of bioactive compounds.

Keywords: High fructose corn syrup, Ketchup sauce, Lycopene, Rheological properties, Sucrose

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-18]