نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی
جلد نهم، شماره دوم، ۹۶
۱۰۰-۸۵
http://ejfpp.gau.ac.ir

تأثیر صمغ زانتان و موسیلاژ دانه‌های اسفرزه و ریحان بر رفتار ویسکوالاستیک سس کچاپ

سمیرا شکیبا[۱]، مرتضی خمیری[۲]، سید سهیل امیری عقدایی[۳] و راحیل رضایی[۴*]

[۱]دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

[۲]دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۳]مربی گروه علوم و صنایع غذایی، موسسه آموزش عالی بهاران، گرگان، ایران

[۴]استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد گنبد کاووس، دانشگاه آزاد اسلامی، گنبد کاووس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۱۸

چکیده

سابقه و هدف: سس کچاپ فرآورده‌ای محبوب بوده و به‌عنوان چاشنی جهت بهبود طعم و رنگ بسیاری از مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجا که افزودن هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون سس کچاپ به منظور بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و بافتی کاربرد دارد؛ بنابراین شناخت رفتار رئولوژیکی از جمله ویژگی‌های ویسکوالاستیک در طراحی فرآیند، کنترل کیفیت، شرایط نگهداری و خواص بافتی بسیار حائز اهمیت است. لذا هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر موسیلاژ دانه‌های اسفرزه و ریحان (هیدروکلوئیدهای بومی ایران) و مقایسه اثر هیدروکلوئیدهای مذکور با صمغ وارداتی زانتان بر رفتار ویسکوالاستیک سس کچاپ می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر، تیمارها با استفاده از طرح آماری مخلوط، بر اساس ترکیبی از هیدروکلوئیدهای صمغ زانتان و موسیلاژ دانه های اسفرزه و ریحان در مقادیر صفر تا یک درصد با استفاده از نرم افزار دیزاین اکسپرت ۷ تعیین شدند. جهت بررسی ویژگی‌های ویسکوالاستیک نمونه‌ها، آزمون‌های روبش کرنش (در محدوده ۰/۰۱ تا ۱۰۰۰ درصد) و روبش فرکانس (در محدوده فرکانس ۰/۰۱ تا ۱۰۰ هرتز) انجام شد. مناسب‌ترین مدل برای نتایج آزمون‌های فوق برازش یافت و تاثیر تیمارها بر هریک از پارامترهای بدست آمده تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج آزمون نوسانی روبش کرنش نشان داد، تمامی نمونه‌ها در محدوده پایین و متوسط از کرنش، رفتار ویسکوالاستیک خطی دارند. به لحاظ تنش متناظر در ناحیه خطی ویسکوالاستیک، بالاترین مقدار تنش متناظر در نمونه K1 (۰/۵ درصد صمغ زانتان و ۰/۵ درصد موسیلاژ دانه ریحان) و پایین ترین مقدار در نمونه‌های K9 (۰/۱۶ درصد زانتان، ۰/۶۶ درصد موسیلاژ دانه اسفرزه ۰/۱۶ درصد موسیلاژ دانه ریحان) و K10 (۰/۵ درصد صمغ زانتان و ۰/۵درصد موسیلاژ اسفرزه) ملاحظه شد. یافته‌های حاصل از آزمون روبش فرکانس نیز نشان داد در تمام نمونه‌های تهیه شده در این پژوهش مدول ذخیره بالاتر از مدول افت بوده و به علاوه، تانژانت افت کمتر از یک است که این امر نشان دهنده رفتار ویسکوالاستیک جامد در نمونه‌ها بود. از نظر مدول ذخیره، مدول افت و ویسکوزیته کمپلکس بیشترین و کمترین مقدار به‌ترتیب در نمونه‌های k4 (یک درصد موسیلاژ ریحان) و k10 (۰/۵ درصد صمغ زانتان و ۰/۵ درصد موسیلاژ اسفرزه) مشاهده شد. در نهایت به استثناء تنش متناظر، هیدروکلوئیدهای افزوده شده به سس کچاپ، تأثیر معنی‌دار بر تمام پارامترهای اندازه گیری شده داشتند ($p<۰/۰۵$).

*نویسنده مسئول: Rezaei.rahil@yahoo.com

نتیجه‌گیری: آزمون‌های رئولوژیکی نوسانی روشی بسیار مفید جهت تعیین اثر افزودن هیدروکلوئیدها به سیستم‌های غذایی می‌باشد. با استفاده از آزمون‌های روبش کرنش و روبش فرکانس می‌توان قابلیت جریان یافتن و قابلیت حفظ ساختار در شرایط نگهداری را مورد بررسی قرار داد. از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که موسیلاژ دانه‌های اسفرزه و ریحان با توجه به ویژگی‌های عملکردی منحصر به فرد، قابلیت استفاده به‌عنوان یک هیدروکلوئید تجاری در تولید سس کچاپ همراه با صمغ زانتان را دارا می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: سس کچاپ، ویسکوالاستیک، موسیلاژ، اسفرزه، ریحان.

مقدمه

سس کچاپ یکی از محبوب‌ترین سس‌ها می‌باشد که به دلیل میزان کالری پایین در سطح وسیع همراه با غذاهای مختلف به عنوان چاشنی و جهت بهبود طعم مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فرآورده از رب گوجه‌فرنگی، شکر، سرکه، نمک و ادویه‌های مختلف در حضور هیدروکلوئیدها تولید می‌شود (۸). هیدروکلوئیدها ترکیباتی با وزن مولکولی بالا و محلول در آب هستند که دارای اثرات عملکردی متنوع نظیر افزایش قوام، تشکیل ژل، کنترل کریستالیزاسیون، جلوگیری از آب‌اندازی و دوفاز شدن، پایداری فیزیکی و بهبود بافت در سیستم غذایی می‌باشند (۱۴)؛ از این رو در انواع فرآورده‌های لبنی، غذاهای آماده، فرآورده‌های نانوایی، نوشیدنی‌ها و سس‌ها به منظور بهبود بافت استفاده می‌شوند. دو هیدروکلوئید که در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است، موسیلاژ دانه‌های اسفرزه و ریحان است. ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum* L. گیاهی است یک ساله بومی ایران و به عنوان گیاه دارویی در طب سنتی کاربرد دارد. هنگامی که پوسته بیرونی دانه ریحان در آب خیس می‌شود، به سرعت آب جذب نموده و ماده‌ای ژلاتینی ایجاد می‌کند. این توده ژلاتینی موسیلاژ دانه ریحان است که در ساختار خود حاوی زنجیره اصلی گلوکومانان و زنجیره جانبی آرابینوگالاکتان است (۱). موسیلاژ دانه ریحان به دلیل اثر قوام‌دهندگی و ایجاد پایداری در فرمولاسیون مواد غذایی گوناگون قابل استفاده است (۶). گیاه اسفرزه با نام علمی *Plantagoovata* L. از خانواده بارهنگ، گیاهی علفی چند ساله است. پوست دانه اسفرزه (پسیلیوم) حاوی مقادیر بالایی موسیلاژ است. موسیلاژ دانه اسفرزه ماده‌ای بی‌رنگ و شفاف است که آب را به خود جذب نموده و تا ۲۰ برابر وزن اولیه‌اش متورم می‌شود. نظر به افزودن هیدروکلوئیدها در فرمولاسیون سس کچاپ به منظور بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و بافتی، شناخت رفتار رئولوژیک از جمله ویژگی‌های ویسکوالاستیک آن در طراحی فرآیند کنترل کیفیت، روش نگهداری و خواص بافتی بسیار اهمیت دارد.

آزمون‌های رئولوژیکی نوسانی یکی از آزمون‌های کاربردی جهت بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی مواد غذایی می‌باشند. از مهم‌ترین آزمون‌های نوسانی می‌توان به آزمون روبش کرنش و روبش فرکانس اشاره کرد. آزمون روبش کرنش در تعیین ویژگی‌های ویسکوالاستیک نظیر تعیین محدوده خطی رفتار ویسکوالاستیک، تشخیص ژل‌های قوی از ضعیف و بررسی ویژگی‌های تکنولوژیکی چربی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (5). آزمون روبش فرکانس نیز یکی از مرسوم‌ترین آزمون‌های نوسانی است که جهت بررسی اثر فرآیندهای مختلف (هم زدن، حرارت دادن و غیره) و تأثیر افزودنی‌های گوناگون مانند هیدروکلوئیدها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پژوهش‌های متعددی در ارتباط با تأثیر افزودن هیدروکلوئیدها بر ویژگی‌های رئولوژیکی سس کچاپ صورت گرفته است. جاسزاک و همکاران (۷) با بررسی تأثیر نشاسته مقاوم بر ویژگی‌های رئولوژیکی سس کچاپ گزارش کردند، تمامی نمونه‌ها دارای رفتار رقیق شونده با برش بوده و در آزمون روبش فرکانس، نمونه‌ها دارای مدول ذخیره بالاتر نسبت به مدل افت بودند، که این امر نشان‌دهنده ویژگی الاستیک می‌باشد (۷). برخی پژوهش‌گران نیز با افزودن صمغ‌های زانتان، گوار و کربوکسی‌متیل سلولز در غلظت‌های مختلف تحت تأثیر دما نشان دادند، نمونه در تمام دماها رفتار شبه پلاستیک و غیر نیوتنی داشته و مدل قانون توان و هرشل- بالکلی بهترین مدل جهت برازش داده‌های تنش برشی- سرعت برشی بود (۸). ساهین و ازدمیر (۱۴) با بررسی اثر صمغ‌های کتیرا، گوار، کربوکسی‌متیل سلولز، زانتان و

صمغ لوبیای لوکاست بر ویژگی‌های رفتار جریان و ویسکوزیته سس کچاپ گزارش دادند، تمامی هیدروکلوئیدها بویژه صمغ گوار و لوبیای لوکاست موجب افزایش قوام نمونه‌ها شد (۱۴). برخی پژوهش‌گران نیز ضمن استفاده از نشاسته و صمغ زانتان، ویژگی رئولوژیکی سس گوجه فرنگی را مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند، کلیه نمونه ها رفتار سودپلاستیک داشته و ماهیت سس گوجه فرنگی پس از آزمون نوسانی، ویسکوالاستیک جامد بود (۱۰). از آنجا که افزودن هیدروکلوئیدها موجب تغییر در ویژگی‌های رئولوژیکی مواد غذایی شده و تاکنون با توجه به بررسی منابع صورت گرفته پژوهشی در ارتباط با تاثیر استفاده از موسیلاژ دانه های ریحان و اسفرزه بررفتار ویسکوالاستیک سس کچاپ انجام نشده است، از این رو هدف از این پژوهش، بررسی اثر صمغ زانتان و موسیلاژ دانه‌های اسفرزه و ریحان در مقایسه با صمغ تجاری و مرسوم زانتان در سس کچاپ بر رفتار ویسکوالاستیک سس کچاپ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: مواد اولیه مورد استفاده در این پژوهش شامل رب گوجه‌فرنگی (تیژ کامنوش گلستان)، انواع چاشنی شامل نمک، فلفل، دارچین، پودر سیر، پودر میخک، پودر پیاز، سرکه (شرکت صنایع غذایی مهرام)، صمغ زانتان (پرووِیسکو، سوئیس) و موسیلاژ دانه‌های اسفرزه و ریحان بود و تمامی مواد اولیه از بازار داخلی تهیه شد.

تولید سس کچاپ: برای تهیه سس کچاپ کلیه نمونه‌ها با فرمولاسیون یکسان و براساس روش داراب‌زاده و همکاران (۳) تهیه شد و تنها تفاوت موجود در نمونه‌ها در نوع وغلظت صمغ می‌باشد(۳). مواد اولیه و مشخصات آن در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- مقادیر درصد ترکیبات مورد استفاده در فرمولاسیون سس کچاپ

Table 1- Ketchup sauce ingredients (%)

ماده Material	درصد (گرم در صد گرم کچاپ) percent
رب گوجه فرنگی (30%) Tomato paste	45
شکر Sugar	8
نمک Salt	0.5
دارچین Cinnamon	0.042
پودر فلفل قرمز Chili powder	0.07
پودر سیر خشک Garlic powder	0.042
پودر میخک Clove powder	0.017
پودر پیازخشک Onion powder	0.33
سرکه (۵٪) Vinegar (5%)	9.2
مخلوط هیدروکلوئید Hydrocolloid mixture (صمغ زانتان و موسیلاژ اسفرزه و ریحان) Xanthan gum and seed mucilage of Basil and Ispharze	1
آب Water	رسیدن به وزن ۱۰۰ Get to 100

تهیه موسیلاژ از دانه ریحان: به‌منظور تهیه موسیلاژ دانه ریحان از روش رضوی و همکاران (۱۲) با تغییرات اندک استفاده شد. دانه ریحان به نسبت ۱ به ۶۰ (وزنی/حجمی) در دمای ۶۹ درجه سانتی‌گراد و pH=۸ با آب دیونیزه (کیمیا تهران) مخلوط شد. به منظور تهیه موسیلاژ مخلوط حاصل به مدت یک دقیقه با مخلوط‌کن (مولینکس FP 828 ، فرانسه) در دور پایین مخلوط شد. مخلوط حاصل از مرحله قبل، به‌مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ (رایموند،فراطب، ایران)گردید. سپس موسیلاژ حاصل از مرحله قبل با استفاده از آون آزمایشگاهی (فراطب آزما، ایران) در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و در نهایت توسط آسیاب ازمایشگاهی (گاسونیک، GCG705، چین) پودر شده و در بسته‌های پلی اتیلن غیر قابل نفوذ به رطوبت نگه‌داری شد (۱۲).

تهیه موسیلاژ از دانه اسفرزه: جهت استخراج موسیلاژ پوسته اسفرزه از روش عسکری و همکاران (1) استفاده گردید. در این روش ابتدا ناخالصی‌های دانه اسفرزه نظیر سنگ، برگ و دانه جداسازی شد. سپس در هر مرحله ۱۰۰ گرم از دانه اسفرزه با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی به‌مدت ۲ دقیقه آسیاب شد. پس از آسیاب کردن دانه‌های اسفرزه، برای جداسازی مغز دانه از پوسته در مخلوط آسیاب شده، از الک آزمایشگاهی با شماره مش ۳۰ استفاده شد. سبوس دانه‌های اسفرزه به نسبت ۱ به ۳۰ (وزنی/حجمی) با آب مقطر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مخلوط گردید و به مدت ۲۴ ساعت در همان شرایط نگه‌داری شد. مخلوط حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد سانتریفوژ شد تا باقی مانده دانه از داخل ژل جدا شود و در آون آزمایشگاهی در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به صورت فیلم خشک گردد. فیلم حاصل توسط آسیاب پودر گردید و موسیلاژ پوسته اسفرزه نامیده شد.

آزمون نوسانی: در این پژوهش به منظور انجام آزمون‌های نوسانی از دستگاه رئومتر (آنتون‌پار، مدل امسی آر ۳۰۱، کشور اتریش) مجهز به سیستم تنظیم دما با ژئومتری صفحه موازی با قطر ۴۰ میلی‌متر و فاصله گام یک میلی‌متر استفاده گردید و هرنمونه به مدت ۵ دقیقه در فضای بین صفحات جهت استراحت و بازیابی ساختار قرار گرفت. جهت انجام آزمون‌های نوسانی ابتدا آزمون روبش کرنش در محدوده ۰/۰۱ تا ۱۰۰۰ در فرکانس ثابت انجام شد. در ادامه برای مطالعه ریز ساختار سس کچاپ از آزمون روبش فرکانس در محدوده فرکانس ۰/۰۱ تا ۱۰۰ هرتز استفاده شد. از طرفی به جهت اطمینان از قرار گرفتن آزمون روبش فرکانس در محدوده خطی ویسکوالاستیک از کرنش ثابت ۰/۱ درصد برای کلیه آزمون‌ها استفاده شد. پارامترهای ناحیه خطی ویسکوالاستیک، تنش متناظر با انتهای ناحیه خطی ویسکوالاستیک یا تنش حد[1] (۹)، تنش متناظر با نقطه تلاقی مدول ذخیره و افت[2] (۴)، مدول ذخیره[3]، مدول افت[4]، تانژانت افت[5] (۲) و ویسکوزیته کمپلکس[6] با استفاده از نرم افزار رئوپلاس V3/42 از آزمون‌های فوق حاصل شد (13).

تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش جهت بررسی اثر صمغ زانتان و موسیلاژ دانه‌های اسفرزه و ریحان بر رفتار ویسکوالاستیک سس کچاپ از طرح آماری مخلوط (مخلوط هندسی سادک) و نرم افزار دیزاین اکسپرت

1- Yield stress
2- Crossover
3-Storage modulus
4-Loss modulus
5- Loss tangent
6-Complex viscosity

نسخه ۷ استفاده شد. با استفاده از نرم افزار تیمارهای ترکیبی از ۳ هیدروکلوئید ذکر شده به‌دست آمد که در جدول ۲ نشان داده شده است. جهت رسم نمودارها و انجام محاسبات از نرم افزار دیزاین اکسپرت ۷ و نرم افزار اکسل ۲۰۱۰ استفاده شد. برای نشان دادن رابطه هریک از متغیرهای وابسته و متغیرهای مستقل در مدل رگرسیونی نمودار سطح مخلوط آن‌ها رسم شد و به علاوه جهت برازش داده‌ها، مقادیر ضریب تبیین (R^2) مدل تعیین شد.

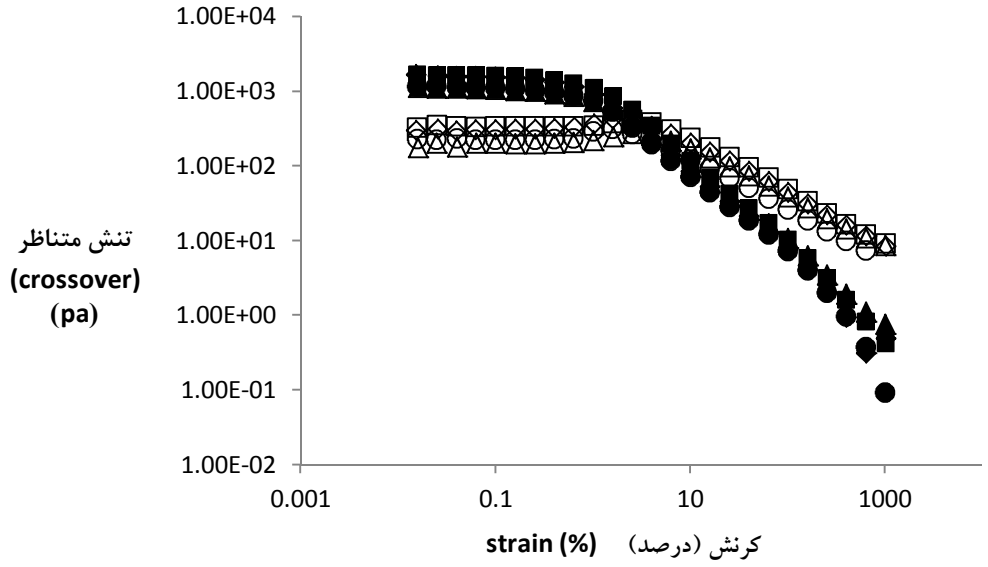
جدول ۲- تیماربندی متغیرهای مستقل فرمول سس کچاب در طرح آماری مخلوط (بر حسب درصد)

Table 2. Treatments based on the dependent variables in mixture design (%)

موسیلاژ ریحان	موسیلاژ اسفرزه	صمغ زانتان	تیمار
Basil mucilage	Ispharze mucilage	Xanthan gum	Treatment
0.5	0	0.5	K1
0	1	0	K2
0.33	0.33	0.33	K3
1	0	0	K4
0	0	1	K5
0.16	0.66	0.16	K6
0.5	0.5	0	K7
0.16	0.16	0.66	K8
0.66	0.16	0.16	K9
0	0.5	0.5	K10

نتایج و بحث

تنش متناظر با نقطه جریان یافتن: در شکل (۱) نمودار مدول ذخیره و مدول افت در محدوده کرنش ۰/۰۱ تا ۱۰۰۰ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در کرنش‌های پایین و متوسط، نمونه‌ها رفتار ویسکوالاستیک خطی نشان داده و در تمامی آن‌ها مدول ذخیره بالاتر از مدول افت است.



شکل ۱- مقادیر مدول ذخیره و مدول افت در محدوده کرنش ۰/۰۱ تا ۱۰۰۰.

(مدول ذخیره علائم توپر و مدول افت علائم تو خالی)

Figure 1. Storage modulus and loss modulus in strain range of 0.01 – 1000.
(Storage modulus: full symbols, loss modulus: empty symbols)

تنش متناظر با نقطه جریان، محل تلاقی مدول ذخیره و مدول افت در آزمون روبش کرنش است. نظر به این که پارامتر تنش متناظر نشان دهنده میزان مقاومت ساختار نمونه‌ها در برابر تنش و جریان‌پذیری می‌باشد، پس این موضوع در بررسی ویژگی‌های پخش پذیری و کام پذیری بسیار اهمیت دارد (۱۳). با توجه به نتایج نشان داده شده در جدول ۳ نمونه K1 (حاوی ۰/۵ درصد موسیلاژ ریحان و ۰/۵ درصد صمغ زانتان) در مقایسه با سایر نمونه‌ها دارای بالاترین میزان تنش متناظر (۴۱۱/۷) بوده، که مقاومت ساختار بیشتر این نمونه را نشان می‌دهد. از طرفی کمترین میزان تنش متناظر نیز در نمونه‌های K9 (۰/۱۶ درصد زانتان، ۰/۶۶ درصد موسیلاژ دانه اسفرزه و ۰/۱۶ درصد موسیلاژ دانه ریحان) و K10 (۰/۵ درصد صمغ زانتان و ۰/۵ درصد موسیلاژ اسفرزه) با مقدار ۲۵۴/۵ مشاهده که این امر نیز بیانگر راحت‌تر جاری شدن نمونه‌های مذکور است. این تفاوت در میزان تنش متناظر ممکن است به ویژگی‌های عملکردی هیدروکلوئیدهای مورد استفاده (موسیلاژ دانه ریحان و اسفرزه) در فرمولاسیون سس کچاپ مربوط باشد. از طرفی بالاتر بودن میزان تنش متناظر در نمونه K1 (حاوی ۰/۵ درصد موسیلاژ ریحان و ۰/۵ درصد صمغ زانتان) ممکن است نشان دهنده نوعی اثر تشدیدکنندگی (سینرژیست) بین صمغ زانتان و موسیلاژ دانه ریحان باشد.

جدول ۳- پارامترهای توصیف کننده ویژگی‌های ویسکوالاستیک حاصل از آزمون روبش کرنش و روبش فرکانس.

Table 3. Values of viscoelastic parameter in strain and frequency sweep test.

نمونه ها Samples	زانتان Xanthan	اسفرزه Ispharze mucilage	ریحان Basil mucilage	تنش متناظر Crossover (pa)	تنش حد Yield stress (pa)	مدول ذخیره Storage modulus (pa)	مدول افت Loss modulus (pa)	تانژانت دلتا Loss tangant	ویسکوزیته کمپلکس Complex viscosity (pa.s)
K1	0.5	0	0.5	411.7	12.6	1570	352	0.224	133
K2	0	1	0	256.6	5.6	1070	242	0.225	90.9
K3	0.33	0.33	0.33	308.6	9.2	1130	262	0.232	95.7
K4	0	0	1	385.1	11.2	1660	401	0.242	141
K5	1	0	0	299.4	21.3	1230	248	0.202	103
K6	0.16	0.66	0.16	385.2	9.2	1570	359	0.228	133
K7	0	0.5	0.5	293.9	29.1	1250	299	0.239	106
K8	0.66	0.16	0.16	295.8	12.3	1150	240	0.208	97.1
K9	0.16	0.16	0.66	254.4	6.6	1060	243	0.228	89.9
K10	0.5	0.5	0	254.4	9.	1010	218	0.217	85.1

آزمون ها در سه تکرار انجام شده است.

نتایج حاصل از آزمون روبش فرکانس، در محدوده فرکانس یک هرتز ارائه شده است

Assays were performed in triplicate

Results of frequency sweep are presented in 1 HZ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس آزمون‌ها (جدول۴) نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر افزایش میزان تنش متناظر مربوط به موسیلاژ دانه ریحان است و مدل درجه یک، مدل مناسب جهت برازش داده‌های حاصل از آزمون تنش متناظر با ضریب تبیین ۰/۸۱۲ می‌باشد. اما در نهایت همانطور که در جدول ۴ مشخص است، هیچ یک از هیدروکلوئیدهای افزوده شده تأثیر معنی دار بر تنش متناظر نداشته‌اند.

به جهت بررسی اثر هر یک از هیدروکلوئیدهای مورد استفاده در این پژوهش، نمودار سطح مخلوط هر یک از پارامترهای اندازه‌گیری شده رسم گردید. در شکل ۲ نمودار سطح مخلوط تنش متناظر با نقطه

جریان نشان داده شده است. با توجه به شکل، با افزایش مقادیر موسیلاژ دانه ریحان میزان تنش متناظر افزایش یافته و بر خلاف آن با افزایش مقادیر موسیلاژ دانه اسفرزه مقدار تنش متناظر کاهش می‌یابد. اما همانطورکه پیش از این ذکر شد، افزودن هیدروکلوئیدها اثر معنی‌دار بر تنش متناظر ندارند.

جدول ٤- مدل‌های پیش‌گو نمونه‌های سس کچاپ بر اساس متغیرهای ترکیب

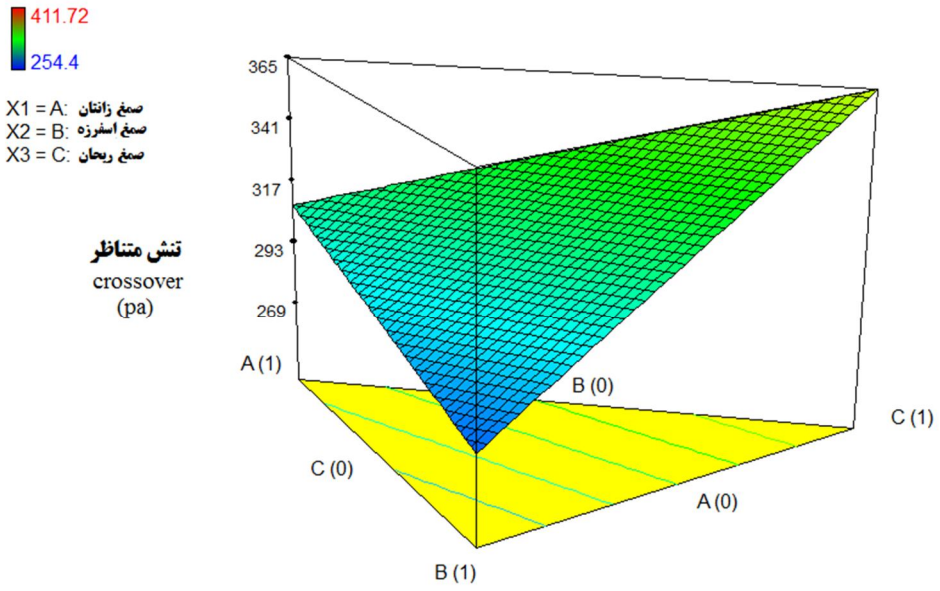
Table 4. Predicting model of ketchup sauce based on mixture variables

نتایج Results	ضرایب مدل Model coefficients							
	X_1	X_2	X_3	X_{12}	X_{13}	X_{23}	X_{123}	R^2
تنش متناظر Cross over	308.39	270.36	364.83	–	–	–	–	0.812
تنش حد Yield stress	22.21	5.57	10.26	-15.88	-17.45	78.26*	-293.97	0.893
مدول ذخیره Storage modulus	1182.22*	938.89*	1688.89*	–	–	–	–	0.845
مدول افت Loss modulus	237.07*	216.4*	405.7*	–	–	–	–	0.908
تانژانت دلتا Loss tangant	0.202**	0.229**	0.242**	–	–	–	–	0.897
ویسکوزیته کمپلکس Complex viscosity	99.20*	79.73*	143.47*	–	–	–	–	0.846

X_1: صمغ زانتان، X_2: موسیلاژ دانه اسفرزه، X_3: موسیلاژ دانه ریحان.

*معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح یک درصد.

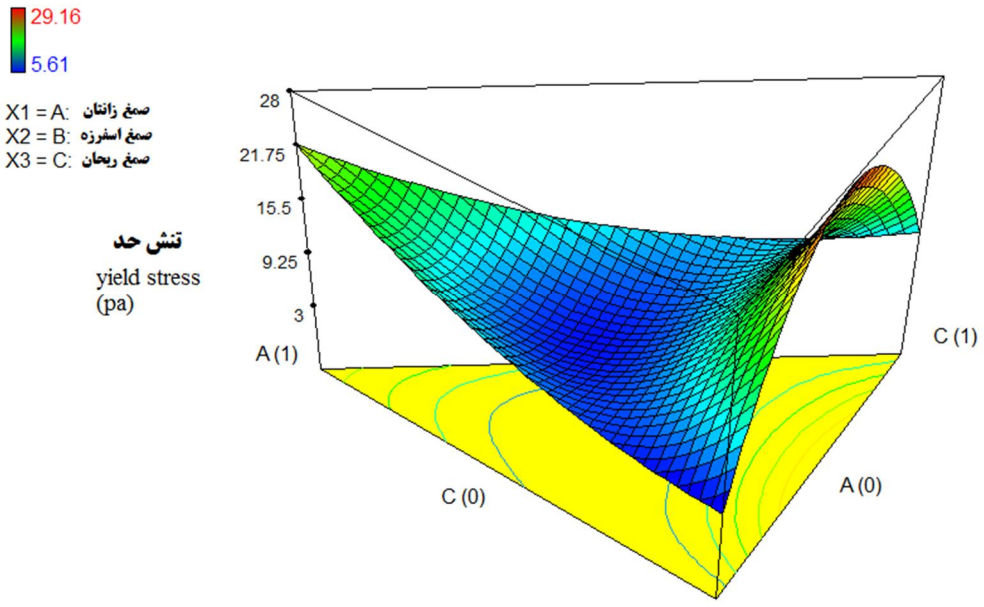
X1: xanthan gum, X2 ispharze mucilage, X3: basil mucilage
*Significant at 0.05 level, **Significant at 0.001 level.



شکل ۲- نمودار سطح مخلوط تنش متناظر نمونه‌های سس کچاپ.

Figure 2.Mixture surface plot of crossover of the ketchup samples.

تنش حد: تنش حد بیانگر اولین تنشی است که موجب تخریب ساختار سس کچاپ شده و ویژگی-های الاستیک برگشت ناپذیر در آن مشاهده می‌شود (۱۳). بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۳ بیشترین و کمترین میزان تنش حد به ترتیب در نمونه K7 (۲۹/۱۶) و K2 (۵/۶۱) مشاهده شد. بالاتر بودن میزان تنش حد در نمونه‌های K7 و K5 نشان‌دهنده حفظ بهتر ساختار سس کچاپ در تنش‌های بالاتر است. بدین معنی که نسبت به ریخته شدن روی ماده غذایی مقاومت بیشتری داشته و نیاز به تنش بیشتر جهت جریان یافتن دارد. از طرفی این پارامتر نشاندهنده میزان سس باقیمانده در ظروف بسته‌بندی در انتهای مصرف می باشد. علاوه بر این پژوهش‌ها نشان داده است که میزان تنش حد با دو فاز شدن و آب اندازی نیز مرتبط است (۹). درجدول تجزیه واریانس (جدول ۴) همانطور که ملاحظه می‌شود، افزودن هریک از هیدروکلوئیدهای مذکور (صمغ زانتان، موسیلاژ دانه های اسفرزه و ریحان) به طور جداگانه موجب افزایش تنش حد می‌گردد، که بیشترین تأثیر را صمغ زانتان (۲۲/۲۱) دارد (P>۰/۰۵). اما هنگام افزودن ترکیبی هیدروکلوئیدها بیشترین تأثیر را افزودن هم زمان موسیلاژ دانه‌های اسفرزه و ریحان (۷۸/۲۶) دارد (جدول ۴). در ارتباط با تنش حد، با توجه به ضریب تبیین بالا (۰/۸۹۳) مدل مناسب جهت برازش داده‌ها، مدل درجه سه بود. همانطورکه ملاحظه می‌شود با افزایش مقدار صمغ زانتان میزان تنش حد افزایش یافته و از طرفی با ترکیب همزمان صمغ زانتان و موسیلاژ دانه ریحان مقدار تنش حد افزایش می‌یابد (شکل ۳).

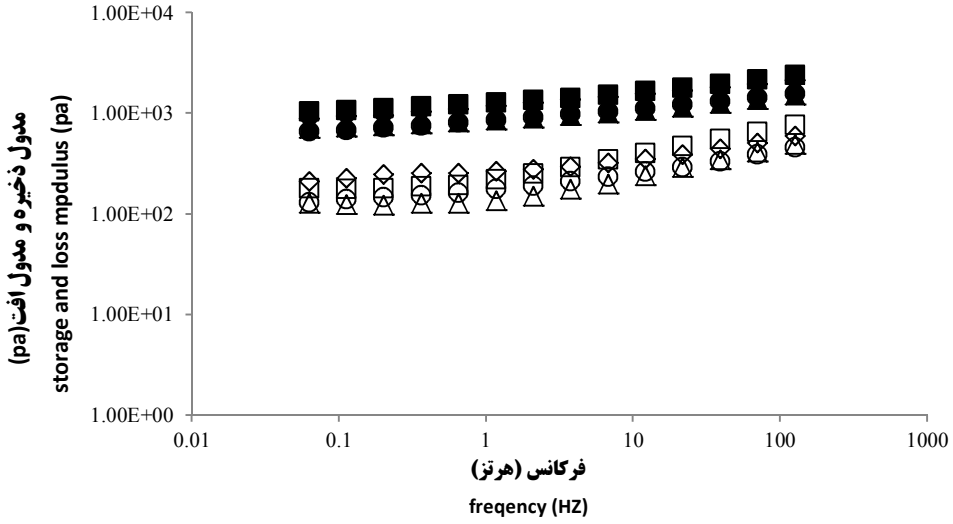


شکل ۳- نمودار سطح مخلوط تنش حد نمونه‌های سس کچاپ.

Figure 3. Mixture surface plot of yield stress in ketchup samples.

مدول ذخیره و مدول افت: مدول ذخیره و مدول افت به‌ترتیب بیانگر میزان انرژی ذخیره شده و از دست رفته در هر دوره کرنش یا تغییر شکل می‌باشد (۵). در شکل ۴ وابستگی مدول ذخیره و مدول افت به فرکانس مشهود است. با توجه نتایج حاصل از آزمون روبش فرکانس و بالاتر بودن مدول ذخیره در

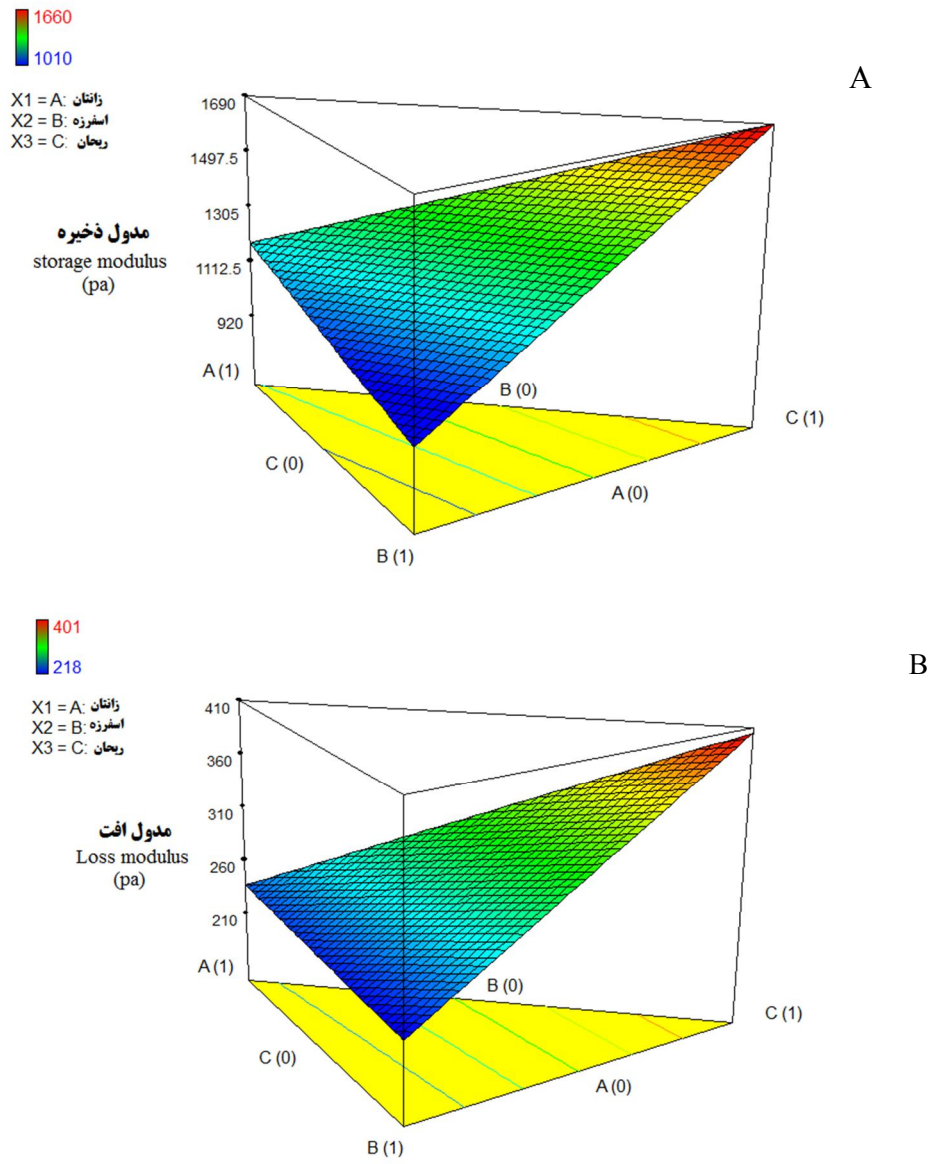
مقایسه با مدول افت در تمامی نمونه‌ها، سس‌های کچاپ تهیه شده در این پژوهش در ردیف مواد ویسکوالاستیک جامد طبقه‌بندی می‌شوند. نتایج این پژوهش با نتایج جاسزاک و همکاران (۷) مطابقت داشت. به طوری که این پژوهش‌گران با افزودن نشاسته تغییریافته به سس کچاپ گزارش کردند که در تمام نمونه ها مدول الاستیک بالاتر از مدول ویسکوز بوده و رفتار ژل مانند در نمونه ها مشاهده شده است (۷). در پژوهشی دیگر نیز رفتنی امیری و همکاران (۱۱) با بررسی تأثیر ثعلب و کربوکسی متیل سلولز به نتایج مشابه دست یافتند. با توجه به جدول ۳ بیشترین و کمترین مقدار مدول ذخیره و مدول افت به ترتیب در نمونه K4 و K10 ملاحظه شد (۱۱). نتایج تجزیه واریانس نشان داده شده در جدول ۴، بیانگر معنی‌دار بودن استفاده از هیدروکلوئیدهای مذکور در نمونه‌های سس کچاپ می‌باشد و در این میان بیشترین تأثیر را موسیلاژ دانه ریحان داشته است.



شکل ٤: نمودار مدول ذخیره و مدول افت تحت تأثیر فرکانس ۰/۰۱ تا ۱۰۰ هرتز
(مدول ذخیره علائم توپر و مدول افت علائم تو خالی)

Figure 4. Storage and loss modulus in frequency range of 0.01 – 100 HZ.
(Storage modulus: full symbols, loss modulus: empty symbols)

نمودار سطح مخلوط مدول ذخیره و مدول افت در شکل ۵ نشان داده شده است. با افزایش مقدار موسیلاژ دانه ریحان در نمونه‌های سس کچاپ میزان مدول ذخیره و مدول افت افزایش یافت؛ در حالی‌که با افزایش مقادیر موسیلاژ دانه اسفرزه در فرمولاسیون سس کچاپ مقادیر مدول ذخیره و مدول افت کاهش یافت.

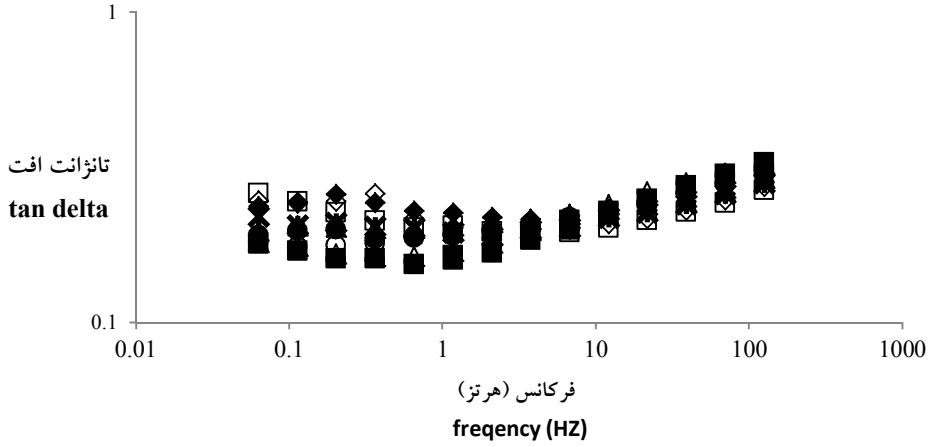


شکل۵- نمودار سطح مخلوط مدول ذخیره (A) و مدول افت (B) نمونه‌های سس کچاپ

Figure 5. Mixture surface plot of storage (A) and loss modulus (B) in ketchup samples.

تانژانت افت: تانژانت افت نشان‌دهنده این امر است که در یک ماده ویسکوالاستیک، کدامیک از ویژگی الاستیک یا ویسکوز بر دیگری غلبه می‌کند. به عبارت دیگر مبین نسبت انرژی هدر رفته به صورت ویسکوز به انرژی ذخیره شده به‌صورت الاستیک است. از این رو زمانی که تانژانت افت بزرگتر از یک باشد به این معنا خواهد بود که ماده ویسکوالاستیک مایع است و در شرایطی که تانژانت افت زیر یک باشد، ماده ویسکوالاستیک جامد خواهد بود (۵). همانطورکه در شکل ۶ مشخص است، تمام نمونه‌های سس کچاپ تهیه شده در این پژوهش دارای تانژانت افت کمتر از یک می‌باشند. از این رو نمونه‌های سس کچاپ حاوی صمغ زانتان و موسیلاژ دانه‌های اسفرزه و ریحان دارای رفتار ویسکوالاستیک جامد است و در واقع تأییدی بر نتایج حاصل از مدول ذخیره و مدول افت می‌باشد. با توجه به نتایج نشان داده شده در جدول ۳ تانژانت افت نمونه‌ها در محدوده ۰/۲۰۲ تا ۰/۲۴۳ است که کمترین و بیشترین نمونه به‌ترتیب متعلق به

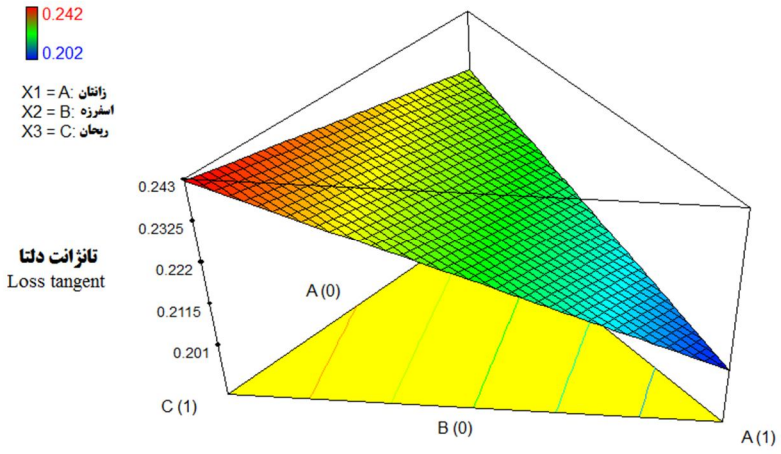
نمونـه k5 و k4 اسـت. در همـین راسـتا جاسـزاک و همکاران (۷) نیز گزارش کردند، میزان تانژانـت افـت نمونه‌های سس کچاپ تهیه شده با استفاده از نشاسـته اصلاح یافته کمتر از یک بوده و نشان‌دهنده رفتار شبه ژل در نمونه‌هاست (۷).



شکل ٦- نمودار تانژانت افت در محدوده فرکانس ۰/۰۱ تا ۱۰۰ هرتز

Figure 6. Loss tangent in frequency range of 0.01 – 100 Hz.

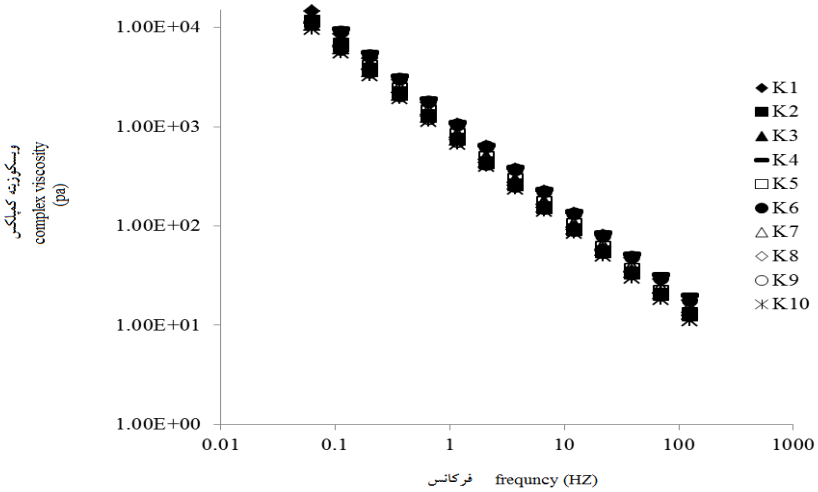
نتایج حاصـل از تجزیـه واریـانس تانژانـت افـت (جدول ۴) نشان داد، مـدل خطـی بـا ضـریب تبیـین ۰/۸۹۷ مدل مناسبی جهت برازش داده‌هـا بـود و هـر یک از هیدروکلوئیدهای مورد استفاده به‌طور جداگانـه تأثیر مثبت بر تانژانت افت داشتند. همچنین موسـیلاژ دانه ریحان در میان سـه هیدروکلوییـد مـورد بررسـی بیشترین تأثیر را داشت. به‌منظور بررسی تأثیر هر یـک از هیدروکلوئیدها بر تانژانت افـت نمونـه‌هـای سـس کچاپ نمودار سـطح مخلـوط رسـم شـد (شـکل ۷). همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود، با حرکت بـه سمت رأسی که مقادیر بیشـتر موسـیلاژ دانـه ریحـان می‌باشد میزان تانژانت افت افزایش می‌یابد. از طرفـی با افزایش میزان صمغ زانتان (رأس A) تانژانـت افـت کاهش می‌یابد.



شکل ۷- نمودار سطح مخلوط تانژانت افت سس کچاپ

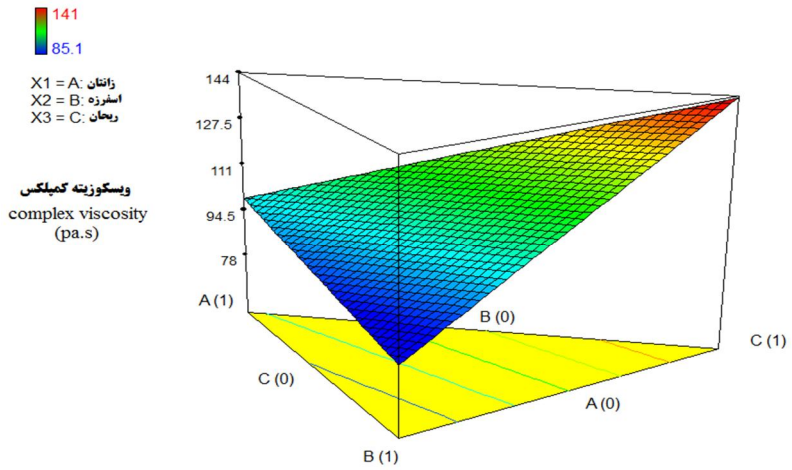
Figure 7. Mixture surface plot of loss tangent in the ketchup samples.

ویسکوزیته کمپلکس: ویسکوزیته کمپلکس معیاری از قدرت ساختار و سفتی کلی ماده غذایی می‌باشد. در شکل ۸ تأثیر فرکانس بر ویسکوزیته کمپلکس نشان داده شده است. نتایج نشان دهنده وابستگی این پارامتر به فرکانس است، به طوری که با افزایش فرکانس ویسکوزیته کمپلکس کاهش می‌یابد. با بررسی ویسکوزیته کمپلکس هر یک از نمونه‌ها (جدول ۳) بیشترین میزان ویسکوزیته کمپلکس در نمونه K4 (۱۴۱ پاسکال. ثانیه) و متعاقب آن کمترین مقدار در نمونه K10 (۸۵/۱ پاسکال. ثانیه) مشاهده شد. تجزیه واریانس نتایج حاصل از ویسکوزیته کمپلکس اثر معنی‌دار تیمارها بر این پارامتر را نشان داد ($p<۰/۰۵$)، به گونه‌ای که بیشترین تأثیر مربوط به افزودن صمغ دانه ریحان بود و مدل درجه یک با توجه به ضریب تبیین ۰/۸۴۶، مدل پیشگوی مناسب جهت برازش داده‌ها می‌باشد. نتایج مشابه با این پژوهش توسط یلماز و همکاران (۲۰۱۱) ارائه شد. به طوری که این پژوهش‌گران گزارش کردند با افزایش فرکانس میزان ویسکوزیته کمپلکس سس کچاپ کاهش می‌یابد (۱۵).



شکل ۸- نمودار ویسکوزیته کمپلکس در محدوده فرکانس ۰/۰۱ تا ۱۰۰ هرتز

Figure 8. Complex viscosity in frequency range of 0.01 – 100 Hz.



شکل ۹- نمودار سطح مخلوط ویسکوزیته کمپلکس سس کچاپ

Figure 9. Mixture surface plot of complex viscosity in the ketchup samples.

به منظور بررسی تـأثیر هریـک از هیدروکلوئیـدها بر ویسکوزیته کمپلکس، نمودار سطح مخلـوط رسـم گردید (شکل ۹). با ملاحظه شکل، مشخص می‌شـود که بـا افـزایش مقـدار موسـیلاژ دانـه ریحـان، مقـدار ویسکوزیته کمـپلکس افـزایش یافتـه و از طرفـی بـا افزایش سهم موسیلاژ دانـه اسـفرزه در فرمولاسـیون، ویسکوزیته کمپلکس کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی

آزمون‌های رئولوژیکی نوسانی روشی بسیار مفیـد جهت تعیین اثر افزودن هیدروکلوئیدها به سیستم‌هـای غذایی می‌باشد. با استفاده از آزمون‌های روبش کرنش و روبش فرکانس می‌توان قابلیت جریان یافتن، قابلیت حفظ ساختار در شرایط نگهداری و حمـل و نقـل را مورد بررسی قرار داد. نتایج حاصـل از ایـن پـژوهش نشان داد، تمام نمونه‌ها دارای مـدول ذخیـره بـالاتر از مدول افت بوده و در ردیف سیالات ویسکوالاسـتیک جامد هستند. از طرفی با بررسی مقادیر مدول ذخیـره و ویسکوزیته کمپلکس که در واقـع بـه نـوعی نشـان دهنده قدرت ساختار سس کچاپ می باشد، بیشـترین و کمترین مقادیر بـه ترتیـب در نمونـه هـای حـاوی مقادیر یک درصد موسـیلاژ ریحـان و نمونـه حـاوی ترکیبی از ۰/۵ درصد زانتـان و ۰/۵ درصـد موسـیلاژ اسفرزه مشاهده شد. بالا بودن مقدار مـدول ذخیـره و ویسکوزیته کمپلکس، نشان دهنده دیر جریان یافتن و همچنین حفظ ساختار در زمان حمل و نقل می‌باشـد. با توجه به نتـایج حاصـل از ایـن پـژوهش مـی‌تـوان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که موسیلاژ دانـه ریحـان در مقایسه با موسیلاژ دانه اسـفرزه و صـمغ زانتـان تـأثیر مطلوب‌تری در فرمولاسیون سس کچاپ دارد.

منابع

1. Azoma, J. and Sakamoto, M. 2003. Cellulosic hydrocolloid system present in seed of plants. Trends in Glycoscience and Glycotechnology, 15: 1–14.
2. Barbosa, L. Ma. and Canovas, G.V. 1995. Rheological characterization of mayonnaise. Part II: Flow and viscoelastic properties at different oil and xanthan gum concentrations. Journal of Food Engineering, 24: 409-425.
3. Darabzadeh, N., Farahnaki, A., Majzoobi, M., Mesbahi, GH. 2012. Comparison of behavior of local locast been gum with commercial locast been and trgacanth gum in ketchup formulation. Iranian food research journal. 22: 2, 113-121. (In Persian)
4. Fomuso, B. L. and Corredig, A. M. 2001. A Comparative study of mayonnaises and italian dressing prepared with lipase-catalysed transesterified olive oil and caprilic acid. Journal of the American Oil Chemists' Society, 78(7): 771-774.
5. Ghanbarzadeh, B. 2009. Principles of food and biopolymer rheology. Tehran university press, 505p. (in Persian)
6. Hosseini-Parvar, S.H. 2007. Physical properties of Iranian basil seeds (*Ocimum basilicum* L.). Cara Gum Parsian Co, Annual report, Tehran.
7. Juszczak, L., Oczadły, Z., Gałkowska, D. 2012. Effect of modified starches on rheological properties of ketchup, Food Bioprocess Technology, 6:1251–1260.
8. Koocheki, A., Ghandi, A., Razavi, S.M.A., Mortazavi, S.A. and Vasiljevic, T. 2009. The rheological properties of ketchup as a function of different hydrocolloids and temperature. International Journal of Food Science and Technology, 44: 596–602.
9. Mezeger, T. 2006. The Rheology Handbook, for users of rotational and oscillatory rheometers. 2nd edition, Vincentz: Hannover, p.125-130.
10. Omidbakhsh, H., NayebZadeh, K., Mohammadi Far, M., and Amiri, Z. 2013. Effect of modified starch and xanthan gum on stability, sensory and rheological properties of tomato sauce. Food technology and nutrition, 8: 145-155. (In Persian)

11. Raftaniamiri, z., Esmaeili, A.M., and Alimi, M. 2016. Effect of slap and carboxyl methyl cellulose on quality properties of ketchup. Food technology and nutrition, 13(1): 55-63. (in Persian)
12. Razavi, S.M.A., Mortazavi, S.A., Matia-Mrino, L., Hosseini- Parvar, S,H. Motamedzadegan, A. and Khanipour, E. 2009. Optimization study of gum extraction from Basil seeds (*Ocimum basilicum* L.). International Journal Food Science and Technology, 44: 1755-1762.
13. Saberi, N., and mohammadifar, M.A. 2012. Effect of type of oil on viscoelastic properties of mayonnaise. Food technology and nutrition, 9(2): 5-16. (in Persian)
14. Sahin, H. and Ozdemir, F. 2004. Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups. Food Hydrocolloids, 18: 1015–1022.
15. Yılmaz, M.T., Karaman, S., Cankurt, H., Kayacier, A., and Sagdic, O. 2011. Steady and dynamic oscillatory shear rheological properties of ketchup–processed cheese mixtures: Effect of temperature and concentration. Journal of Food Engineering, 103: 197–210.

EJFPP, Vol. 9 (2): 85-100
http://ejfpp.gau.ac.ir

Effect of xanthan gum and Ispharzeh and Basil seeds mucilage on the viscoelastic behavior of ketchup sauce

Shakiba, S.[1], Khomeiri, M.[2], Amiri, S.[3], Rezaei, R[4*]

[1]M.Sc. graduate of Food Science and Technology, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran

[2]Associate Professor, Department of Food science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

[3]Lecturer, Department of Food Scince and Technology, Baharan Institute of Higher Education, Gorgan, Iran

[4]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Gonbad Kavoos branch, Islamic Azad University, Gonbad Kavoos, Iran

Received: 2017/06/09; Accepted: 2018/01/09

Abstract

Background and objectives: Ketchup sauce is a favorite product and useful for flavor and color improvement of foods. Hydrocolloids are add to ketchup sauce in order to physicochemical, rheological and textural improvement, so understanding rheological behavior such as viscoelastic properties is important for quality control, process designing, storage condition and textural properties. The objective of this research is investigation the effect Ispharzeh and Basil seeds mucilage (as local hydrocolloids) and comparison their effect with that of Xanthan gum (imported gum) on the viscoelastic behavior of ketchup sauce.

Materials and methods: Treatments were determined based on combination of hydrocolloids (0-1%) by mixture statistical design in design expert software 9. For investigating viscoelastic properties of samples, strain sweep (at 0.01-1000%) and frequency sweep (at 0.01-100 Hz) tests were done. The best model for test results was fitted and effects of each parameter were determined.

Results: The results of oscillating strain sweep showed that at low and moderate strain, all of samples had linear viscoelastic behavior. In terms of crossover, the highest crossover was observed at sample K1 (0.5% xanthan gum, 0.5% basil seed mucilage) and the lowest at samples k9 (0.16% xanthan, 0.66% ispharzeh seed mucilage, 0.16% basil seed mucilage) and K10 (0.5% xanthan and 0.5% ispharzeh seed mucilage). The finding of oscillating frequency sweep showed that storage moduli were higher than loss moduli at all samples. Low levels of Loss tangent (< 1) revealed solid viscoelastic characteristics of the samples. The highest and the lowest of storage moduli, loss moduli and complex viscosity belonged to K4 (1%basil seed mucilage) and k10 (0.5% xanthan and 0.5% Ispharzeh seed mucilage), respectively. Except crossover, added hydrocolloids had significant effect on the all parameter in ketchup sauce.

Conclusion: Oscillating rheological measurements is a useful method to determine the effect of hydrocolloids addition to food systems. Using strain sweep and frequency sweep test, it is possible to investigate flow capability and structure maintenance capability at storage condition. It was concluded that regarding unique functional properties of Ispharzeh and Basil seeds mucilage, they could use as a commercial hydrocolloid accompanied by other hydrocolloids.

Keywords: Ketchup sauce**,** Viscoelastic, Mucilage, Ispharzeh, Basil.

[*]Corresponding author: Rezaei.rahil@yahoo.com