Archive of SID

مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۳۰ شماره ۳/ سال ۱۳۹۹/ صفحات ۷۷ تا ۸۷

اثر دما و هیدروکلوئیدهای زانتان و گوار بر ویژگی‌های رئولوژیکی سس سالسا

نسیم پورابراهیم[۱]، اکرم شریفی*[۲]، مریم ملکی[۱] و نسیم دیواندری[۱]

تاریخ دریافت: ۹۷/۸/٦ تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۲۵

[۱] دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، سبزوار، ایران

[۲] استادیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

* مسئول مکاتبه: Email: asharifi@qiau.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: سس سالسا یکی از محصولات محبوب و پرمصرف گوجه فرنگی است که حاوی قطعات گوجه فرنگی، پیاز، سیر، فلفل دلمه ای، نمک، سبزیجات معطر، ادویه جات و اسید می‌باشد. **هدف**: هدف از این پژوهش بررسی اثر دما و هیدروکلوئیدهای زانتان و گوار بر ویژگی‌های رئولوژیکی سس سالسا بود. روش کار: در این پژوهش برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی سس سالسا مانند اسیدیته، قند کل، نمک، مواد جامد محلول در آب، pH و خاکستر کل و پارامترهای رئولوژیکی سس سالسا با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد در سه دمای ۵، ۲۵ و ۴۵ °C و در سه سطح مختلف صمغ‌های زانتان و گوار شامل (زانتان ۱۰۰ ٪ ، گوار ۱۰۰٪ و زانتان و گوار ۵۰-۵۰٪) اندازه‌گیری شد. **نتایج**: محاسبات انجام شده براساس روش میچکا نشان داد که سس سالسا دارای رفتار غیر نیوتنی از نوع قانون توان است. n یا شاخص رفتار جریان برای همه نمونه ها در محدوده (۰/۲۸۲ تا ۰/۳۷۸) و ضریب پایداری (k) بین (۱/۹۱ تا ۳/۱۲) بدست آمد. شاخص رفتار جریان کوچکتر از یک نشان‌دهنده رفتار رقیق‌شوندگی با برش یا سودوپلاستیسیته نمونه‌های سس سالسا بود که با افزایش دما، مقادیر شاخص جریان رفتار (n) و ضریب پایداری (k) کاهش یافتند. همچنین با استفاده از معادله آرنیوس تابعیت ضریب پایداری سس سالسا با دما تعیین و انرژی فعالسازی بین $KJ\ mol^{-1}$ ۳/۲۱۳ تا ۱۰/۹۴۷ بدست آمد. **نتیجه گیری نهایی**: سس سالسای حاوی صمغ گوار و زانتان دارای کمترین انرژی فعال سازی بود و بعد از آن سس حاوی ۱۰۰ درصد زانتان قرار داشت این سس در دمای ۵ درجه سانتی گراد بیشترین ضریب پایداری را نشان داد و بنابراین از ویژگی های رئولوژیکی مناسب تری نسبت به سایر نمونه ها برخوردار بود.

واژگان کلیدی: سالسا، گوار، زانتان، ضریب پایداری، روش میچکا

مقدمه

گوجه‌فرنگی یکی از مهمترین سبزیجات است که محصولات مشتق‌شده از آن مانند رب گوجه‌فرنگی، کنسانتره، سس کچاپ[۱]و سالسا[۲]بسیار محبوب و پرمصرف و دارای مقادیر بالای آنتی اکسیدان‌ها می‌باشند. مصرف مکرر لیکوپن که کاروتنوئید مسئول رنگ قرمز در گوجه‌فرنگی است به عنوان عامل کاهش‌دهنده خطر سرطان پروستات معرفی گردیده است (براملی ۲۰۰۰؛ جیوواناسی و همکاران ۲۰۰۲). سس سالسا یک چاشنی غذایی هتروژن دارای کالری پایین، فیبر بالا و غنی از ویتامین و املاح است که حاوی قطعات گوجه‌فرنگی، پیاز، سیر، فلفل دلمه ای، نمک و اسید

[1] Ketchup
[2] Salsa Sauce

www.SID.ir

Archive of SID

می‌باشد. سالسا با استفاده از قطعات میوه و سبزیجات معطر (گشنیز و پونه کوهی) و ادویه‌جات مختلف طعم‌دار می‌گردد (بنسل و کوآر ۲۰۱۵). پایداری و ویسکوزیته سس گوجه‌فرنگی به مقدار ذرات معلق (پالپ) در فاز پراکنده و بطور مستقیم به اجزاء تشکیل‌دهنده میوه گوجه‌فرنگی مانند پکتین وابسته است. علاوه براین فاکتورهای دیگری مانند تخریب آنزیمی، میزان پالپ، واکنش پروتئین و پکتین، فرایند هموژنیزاسیون و تغلیظ نیز می‌توانند میزان قوام محصولات گوجه‌فرنگی را تحت تاثیر قرار دهند (والنسیا و همکاران ۲۰۰۳؛ ورست و همکاران ۲۰۰۲).

جدا شدن سرم یا آب انداختن یکی از مهمترین مشکلات در محصولات فرایند شده گوجه‌فرنگی می‌باشد که تاثیر منفی بر کیفیت محصول و بازارپسندی آن‌ها دارد. هیدروکلوئیدها، بیوپلیمرهای کربوهیدراتی (مانند صمغ ها) و گاهی پروتئینی (مانند ژلاتین) هستند که می توانند مقدار زیادی آب را در ساختار خود جذب کرده و بدین طریق باعث ایجاد خواص کاربردی مفید در سیستم های غذایی شوند. مهم ترین این کاربردها عبارتند از: قوام‌دهندگی، ژل‌دهندگی، پایدار کننده برای سیستم های کلوئیدی غذایی، بازدارندگی در برابر جذب روغن ها، امولسیون کنندگی، تشکیل دهنده فیلم و پوشش های خوراکی، بازدارندگی در برابر آب اندازی، جاذب الرطوبه بودن و کاهش دهنده تحرک آب (قنبرزاده، ۱۳۸۸).

به طور معمول، ویسکوزیته و قوام سس‌ها باید به مدت یک‌سال یا بیشتر حفظ شود. تنها هیدروکلوئیدهایی می‌توانند در سس‌ها مورد استفاده قرار گیرند که در برابر اسیدیته و گرما به مدت طولانی پایدار باشند. انتخاب نوع هیدروکلوئیدها تحت تاثیر خواص عملکردی[1] موردنظر در محصول نهایی و خواص عملکردی ذاتی هر هیدروکلوئید قرار می‌گیرد، اما بدون شک پارامتر قیمت نیز عامل تأثیرگذار مهمی می باشد. صمغ‌های زانتـان، تراگاکانت، پروپیلن گلیکول آلژینات و میکروکریستالین سلولز از مقاوم‌ترین هیدروکلوئیدها در برابر اسید می‌باشند (کینگ ۲۰۱۱).

صمغ زانتان هتروپلی‌ساکارید دارای واحدهای پنتاساکارید تکرارشونده است که توسط میکروارگانیسم *Xanthomonas compestris* تولید می‌شود. این پنتاساکارید شامل ۲ واحد مانوز، ۲ واحد گلوکز و ۱ واحد اسید گلوکورونیک است و ویژگی‌های زیادی از جمله حلالیت بالا در آب سرد یا گرم، ویسکوزیته بالا، پایداری عالی در سیستم‌های اسیدی و گرمایی و در مقابل انجماد و رفع انجماد دارد. این صمغ با قدرت پایدارکنندگی خوب در سس‌ها به‌کار می‌رود. (ساهین و ازدمیر ۲۰۰۴).

صمغ گوار نوعی هیدروکلوئید حاصل از گیاه *Cyamopsis tetragonolobus* می‌باشد یا به عبارتی دیگر نوعی galactomannan بلند زنجیر با جرم مولکولی زیاد از پلی‌ساکاریدهای هیدروکلوئیدی می‌باشد . این صمغ بصورت پودر و به‌عنوان یک ترکیب افزودنی در مواد غذایی، دارویی، کاغذ، نساجی و لوازم آرایشی به‌میزان زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. گوار یک نوع صمغ محلول در آب است که به‌عنوان عامل تثبیت‌کننده، امولسیفایر و قوام‌دهنده در مواد غذایی مختلف و گاه جهت حفظ رطوبت موجود در فیبرهای محصول کاربرد دارد (دیپاک و همکاران ۲۰۱۱). مطالعات بسیاری در مورد کاربرد صمغ‌ها در سس کچاپ انجام شده و اطلاعات مربوط به ویژگی‌های پایداری، رئولوژیکی و حسی آن‌ها در اختیار صنعت غذا قرار داده شده است. اما تاکنون تحقیقات اندکی در مورد کاربرد صمغ‌ها در سس سالسا و بررسی رفتار رئولوژیکی و پایداری آن‌ها صورت گرفته است.

گوجرال و همکاران (۲۰۰۲) بر روی اثر هیدروکلوئیدها، دما و مدت زمان نگهداری بر قوام سس کچاپ تحقیقاتی را انجام دادند. در این پژوهش که اثر صمغ‌های گوار، آلژینات سدیم، آکاسیا، زانتان، پکتین و کربوکسی متیل سلولز در دمای ۰ تا ۵۰ °C بر ضریب قوام و کاهش سرم در سس کچاپ بررسی شد، بیشترین قوام در مورد صمغ‌های گوار و زانتان بدست آمد (گوجرال و همکاران ۲۰۰۲).

در سال ۲۰۰۴، ساهین و ازدمیر تاثیر برخی هیدروکلوئیدها بر خواص رئولوژیکی سس‌های کچاپ با

[1] Functional Characteristics

www.SID.ir

Archive of SID

فرمولاسیون‌های مختلف را مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق ۵ هیدروکلوئید مختلف از جمله کتیرا، گوار، کربوکسی متیل سلولز، زانتان و خرنوب در غلظت‌های ۰، ۰/۵ و ۱ درصد (وزنی/وزنی) به سه نوع فرمولاسیون مختلف سس کچاپ با ۷/۵، ۱۰ و ۱۲/۵٪ درصد مواد جامد محلول اضافه شد و خواص رئولوژیکی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تمامی هیدروکلوئیدهای مذکور باعث افزایش قوام نمونه‌ها شده و در بین آن‌ها بیشترین افزایش قوام را صمغ گوار و خرنوب[1] با غلظت ۱ درصد در فرمولاسیونی که حاوی ۱۲٪/۵ ماده جامد محلول بوده، داشته است (ساهین و ازدمیر ۲۰۰۴).

پس از آن مجددا در سال ۲۰۰۷، ساهین و ازدمیر تاثیر صمغ‌های کتیرا، گوار، کربوکسی متیل سلولز و صمغ دانه خرنوب در غلظت‌های مذکور بر جدا شدن سرم از سس کچاپ را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزودن همه هیدروکلوئیدها و افزایش درصد صمغ‌ها، جدا شدن سرم کاهش یافت. همچنین گوار، زانتان و صمغ دانه خرنوب تاثیر بهتری بر کاهش جداسازی سرم نسبت به کربوکسی متیل سلولز و کتیرا داشتند. از این میان زانتان و گوار موثرترین صمغ‌ها بودند. غلظت صمغ‌ها نقش مهمی در کاهش درصد جداسازی و نیز کم شدن سرعت جداشدن سرم داشت (ساهین و ازدمیر ۲۰۰۷).

کوماری و ساچدف در سال ۲۰۱۳ تحقیقی بر روی سالسای گوجه‌فرنگی انجام دادند و از صمغ‌های گوار، کربوکسی متیل سلولز، آلژینات سدیم و نشاسته در غلظت‌های مختلف به منظور جلوگیری از جدا شدن آب از محصول و ایجاد قوام استفاده نمودند. خواص فیزیکی‌شیمیایی، حسی و رئولوژیکی سس سالسای تهیه شده از مواد تازه و همچنین از مواد غوطه‌ور شده در آب نمک ۲٪ مورد ارزیابی قرار گرفتند. سالسای تهیه شده از مواد تازه از نظر حسی امتیاز بالاتری کسب کرد. همچنین اختلاف قابل توجهی در pH، اسیدیته، مقدار قند کل و اسید آسکوربیک بین دو نوع سالسای تولیدی (متشکل از مواد تازه و مواد غوطه‌ور در آب نمک) مشاهده گردید درحالی‌که سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده مثل رطوبت، لیکوپن و مقدار ماده خشک کل تفاوت کمی داشتند. صمغ گوار در غلظت ۰/۲٪ بیشترین ویسکوزیته را درمقایسه با سایر صمغ‌ها نشان داد (کوماری و ساچدف ۲۰۱۳).

از آنجا که پژوهش‌های علمی بسیار اندکی بر روی ویژگی‌های سس سالسا در ایران انجام شده و تاکنون مقاله‌ای درباره خواص رئولوژیکی سس سالسای تولیدی ایران منتشر نشده‌است، لذا هدف از اجرای این پژوهش، بررسی تأثیر صمغ‌های گوار و زانتان بر خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی و رئولوژیکی مانند اندازه‌گیری تنش برشی و سرعت برشی در بریکس ثابت و دماهای مختلف، ضریب پایداری، شاخص رفتار جریان و محاسبه انرژی فعال سازی سس سالسا بود.

مواد و روش ها

مواد اولیه جهت تولید سس سالسا از بازار داخلی ایران و شرکت ایران چاشنی تهیه شد که شامل: رب گوجه فرنگی اسپتیک با درجه بریکس ۳۸ (۴۴٪)، سرکه تقطیری (۷٪)، صمغ (۰/۵٪)، نمک (۲٪)، ادویه (پودر سیر، پودر فلفل سیاه، پودر فلفل قرمز، پودر دارچین (۱/۸٪)، فلفل دلمه ای (۱/۵٪)، پیاز (۱/۵٪)، گشنیز (۰/۲٪)، شکر (۱۴٪)و آب (۲۷/۵٪). صمغ زانتان از شرکت یانگ اتریش و صمغ گوار از شرکت عبدالقادر مصر تهیه گردید.

تهیه نمونه های سس سالسا

ابتدا آب، رب گوجه‌فرنگی و گلوکز طبق فرمولاسیون موردنظر مخلوط شد و حرارت داده شدند، سپس در دمای ۷۰ °C مواد پودری شامل نمک، اسید، شکر، صمغ‌ها و ادویه‌ها اضافه و حدود ۲۰ دقیقه به‌صورت ملایم حرارت داده شدند. پس ازآن سرکه و در نهایت پیاز، فلفل و سبزی خشک به مواد فوق افزوده شدند. سس سالسای تهیه شده به‌مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه در دمای ۸۰ °C نگهداری شد تا به بریکس ۳۵ رسیده وهمچنین پاستوریزه شود. در نهایت سس‌ها در ظروف شیشه‌ای بسته‌بندی و در یخچال در دمای ۴ °C تا زمان انجام آزمایش نگهداری شدند.

[1] Bean Gum

www.SID.ir

Archive of SID

جهت تعیین بریکس نمونه‌ها از دستگاه رفراکتومتر دستی (ساخت چین) و برای تعیین ویژگی‌های رئولوژیکی نمونه‌ها از ویسکومتر بروکفیلد[1] استفاده گردید.

خواص فیزیکی‌شیمیایی سس سالسا

برخی خواص فیزیکی‌شیمیایی سس سالسا شامل اسیدیته، قند کل، نمک، مواد جامد محلول در آب، pH و خاکستر کل مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۲۵۵۰ تعیین شد (استاندارد ملی ایران، شماره ۲۵۵۰).

خواص رئولوژیکی سس سالسا

در این تحقیق جهت اندازه‌گیری پارامترهای رئولوژیکی نمونه‌های سس سالسا از ویسکومتر بروکفیلد استفاده گردید. آزمون‌های رئولوژیکی پس از آماده سازی نمونه‌ها در سه سطح دمایی ۵، ۲۵ و ۴۵ °C و در سه سطح مختلف صمغ‌های زانتان و گوار شامل (زانتان ۱۰۰ ٪ ، گوار ۱۰۰٪ و زانتان و گوار ۵۰-۵۰٪) توسط ویسکومتر دورانی تک استوانه‌ای انجام گرفت. این ویسکومتر دارای اسپیندل‌های R_1 تا R_7 می‌باشد به‌طوریکه در ویسکوزیته ظاهری بیشتر به این دلیل که گشتاور بیشتری مورد نیاز است بهتر است از اسپیندلی با قطر دیسک کمتر استفاده شود و در ویسکوزیته ظاهری پایینتر اسپیندلی با قطر دیسک بیشتر مناسبتر است. در این تحقیق به‌منظور اندازه‌گیری ویسکوزیته نمونه‌ها از اسپیندل های R_5 و R_6 در دماهای مختلف استفاده گردید. ویسکوزیته و گشتاور هر نمونه پس از گذشت ۳۰ ثانیه در دورهای مختلف در دامنه ۲۰۰ rpm-۱۰۰ در ۱۱ نقطه اندازه‌گیری و جهت برازش داده‌ها از نرم افزار Excel ۲۰۰۷ استفاده شد.

محاسبه پارامترهای رئولوژیکی سس سالسا با روش میچکا

خواص رئولوژیکی نمونه‌های سس سالسا با استفاده از مدل قانون توان براساس روش میچکا و به ترتیب زیر محاسبه شدند. ابتدا با استفاده از رابطه ۱ مقدار n یا شاخص رفتار جریان تعیین گردید.

$$[1]\quad M = K'N^n$$

که در آن M، درصد گشتاور یا درصد گشتاور بیشینه ثبت شده در طول آزمون اندازه گیری ویسکوزیته در یک سرعت ثابت، K' ثابت، N دور اسپیندل ویسکومتر برحسب دور در دقیقه (rpm) و n شاخص رفتار جریان در سیال پاورلا (بدون بعد) است. با گرفتن لگاریتم طبیعی از طرفین رابطه ۱ خواهیم داشت:

$$[2]\quad \ln M = \ln K' + n \ln N$$

در ادامه تنش برشی متوسط از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$[3]\quad \sigma_a = K_\sigma \times C \times (\%M)$$

σ_a تنش برشی متوسط (Pa)، K_σ ضریب تبدیل تنش برشی که تابعی از نمره اسپیندل است (جدول ۱) و C یک ثابت بدون بعد است که به ظرفیت گشتاور کل دستگاه بستگی دارد و توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود :

$$[4]\quad C = \frac{\text{Mmax (dyn.cm)}}{7187}$$

آهنگ برشی میانگین از رابطه ذیل بدست می‌آید:

$$[5]\quad \gamma_a = K\gamma \times N$$

که در آن γ_a آهنگ برشی میانگین و $K\gamma$ ضریب تبدیل آهنگ برشی است که به مقدار عددی شاخص رفتار جریان وابسته است و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$[6]\quad K\gamma = 0.263 \left(\frac{1}{n}\right)^{0.771}$$

به طور کلی در روش میچکا، ابتدا شاخص رفتار جریان (n) از معادله ۲ با رگرسیون خطی بدست می‌آید، سپس به ترتیب تنش برشی متوسط و آهنگ برشی میانگین توسط روابط ۳ و ۵ محاسبه می‌شوند. همچنین از رابطه سیال پاورلا ($\sigma_a = K\gamma_a^n$) توسط تحلیل رگرسیون پارامترهای رئولوژیکی شاخص رفتار جریان (n) و ضریب پایداری (k) بدست می‌آیند (ساهین و ازدمیر ۲۰۰۴). n محاسبه شده در این مرحله باید با مقداری که قبلا توسط معادله ۲ و از رابطه لگاریتم سرعت چرخشی (rpm) و لگاریتم گشتاور بدست آمده است یکسان باشد (توکلی پور و کلباسی، ۱۳۹۲).

[1] Brookfield (RVDV-Ⅲ, Made in U.S.A)

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی اثر دما بر ضریب پایداری سس سالسا

به منظو بررسی تغییرات ویسکوزیته ظاهری و یا ضریب پایداری سس سالسا بر حسب دما با توجه به شرایط دمایی مختلف از مدل آرنیوس[1] استفاده شد:

$$K = K_{0T} \exp (E_a / RT) \quad [۷]$$

که K_{0T} ثابت آرنیوس برحسب $Pa.s^n$، E_a انرژی اکتیواسیون برحسب (Kj/mol)، T درجه حرارت برحسب K و R ثابت گازها برحسب $\frac{Kj}{mol.K}$ ۱۰ $^{-۳}$ × ۸/۳۱۴ است (سنگال و همکاران ۲۰۰۵).

جدول ۱- ضریب تبدیل تنش برشی (K_σ)

Table 1- Conversion coefficient of shear stress (K_σ)

Spindle Number	K_a, (Pa)
1	0.035
2	0.119
3	0.279
4	0.539
5	1.05
6	2.35
7	8.40

نتایج و بحث

نتایج خواص فیزیکی‌شیمیایی سس سالسا

نتایج حاصل از آزمایش‌های شیمیایی سس سالسا در جدول ۲ آورده شده است که با استاندارد ملی ایران مطابقت دارند. در تحقیق کوماری و ساچدف (۲۰۱۳) بر روی خواص فیزیکی‌شیمیایی، حسی و رئولوژیکی سس سالسای تهیه شده از مواد تازه و همچنین از مواد غوطه‌ور شده در آب نمک ۲٪ ، اختلاف قابل‌توجهی در pH، اسیدیته، مقدار قند کل و اسید آسکوربیک بین دو نوع سالسای تولیدی مشاهده گردید. pH، اسیدیته، رطوبت و مقدار ماده خشک کل سس سالسای تهیه شده از مواد تازه به ترتیب ۴، ۰/۴ ، ۸۴٪ و ۱۴ اعلام شدند.

جدول ۲- خواص فیزیکی‌شیمیایی سس سالسا در دمای ۲۵°C و بریکس ۳۵

Table 2- physicochemical properties of Salsa Sauce at 25°C and 35 Brix

Charcteristics	Content
pH	3/3
Acidity (gr Acetic Acid/ 100 gr)	1/59
Total Ash	3/5
Total Sugar content	16
total solid content	1/74
physicochemical properties	Content
pH	3.3
Acidity (gr Acetic Acid/ 100 gr)	1.59
Total Ash	3.5
Total Sugar content	16
total solid content	1.74

خواص رئولوژیکی سس سالسا

روش میچکا

نتایج حاصل از آزمایش سس سالسا در سه دمای ۵، ۲۵ و ۴۵ °C و سه سطح مختلف صمغ‌های زانتان و گوار نشان داد که همه تیمارها دارای رفتار غیرنیوتنی از نوع قانون توان هستند. داده‌های تجربی بدست آمده با استفاده از مدل قانون توان با استفاده از نرم افزار اکسل ۲۰۰۷ برازش شدند. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود با ترسیم لگاریتم گشتاور بر حسب لگاریتم دور اسپیندل (معادله) و از شیب خط حاصل شاخص رفتار جریان (n) بدست می‌آید. n یا شاخص رفتار جریان برای همه نمونه ها در محدوده۰/۲۸۲ تا ۰/۳۷۸ بدست آمد. شاخص رفتار جریان کوچکتر از یک می‌باشد که نشان‌دهنده رفتار رقیق‌شوندگی با برش یا سودوپلاستیسیته نمونه‌های سس سالسای حاوی صمغ‌های زانتان و گوار در دماهای ۵، ۲۵ و ۴۵ °C می‌باشد (جدول ۳). در نمودارهای سرعت برشی برحسب تنش برشی که برای **سس سالسا حاوی گوار در دمای** ۲۵ °C در شکل ۱ ارائه شده است رفتار رقیق‌شونده[2] با برش این سس قابل مشاهده است.

در تحقیقی که مصباحی و همکاران در سال ۱۳۸۷ بر روی سس کچاپ انجام دادند، شاخص رفتار جریان در نمونه سس کچاپ حاوی کربوکسی متیل سلولز تولیدی

[1] Arrhenius Model

[2] Shear Thinning

www.SID.ir

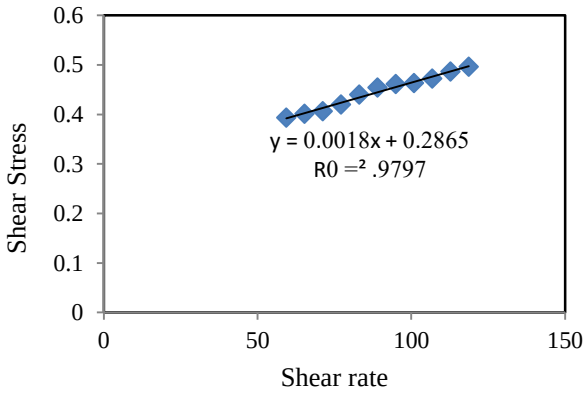
Archive of SID

در دمای۲۷ °C، ۰/۴۱ و در نمونه سس کچاپ حاوی کربوکسی متیل سلولز تجاری (مرک) در دمای۲۷ °C، ۰/۳۴ درحالی‌که نمونه سس کچاپ حاوی ثعلب دارای شاخص رفتار جریان ۰/۳۳ و نمونه سس کچاپ بدون قوام‌دهنده دارای شاخص رفتار جریان ۰/۴۵گزارش دادند. نتایج به‌خوبی نشان داد که سس‌های کچاپ تولیدی رفتار رقیق‌شونده از خود نشان داده و قوام دهنده‌ها باعث افزایش ویسکوزیته و رفتار رقیق‌شونده در مقایسه با نمونه سس کچاپ بدون قوام‌دهنده شده‌اند (مصباحی و همکاران، ۱۳۸۷).

در ادامه با استفاده از رابطه قانون توان ($\sigma_a = K\gamma_a^n$) و گرفتن لگاریتم از طرفین رابطه فوق خواهیم داشت:

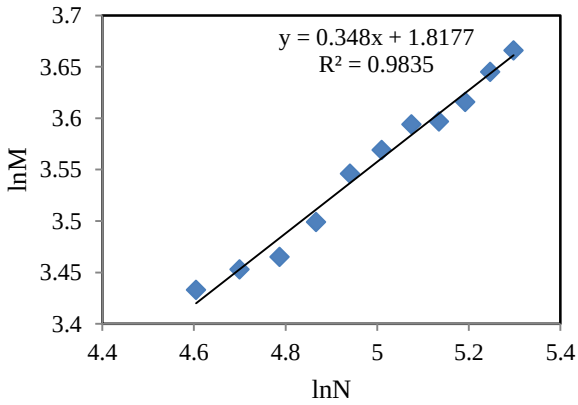
$$\log \sigma_a = \log K + n\log\gamma_a \quad [۸]$$

با رسم لگاریتم تنش برشی بر حسب لگاریتم آهنگ برشی و از روی عرض از مبدا منحنی حاصل، ضریب پایداری (قوام) و شاخص رفتار جریان (n) به‌دست آمد که این مقدار نیز با مقداری که از شکل۲ به‌دست آمد یکسان بود (شکل ۳). R^2 (ضریب همبستگی) پس از بدست آوردن معادلات رگرسیون نمونه‌ها، در محدوده ۰/۹۲ تا ۱ قرار داشت که حاکی از انطباق نتایج با معادلات است (جدول ۳).



شکل ۱- رابطه سرعت برشی (S^{-1}) و تنش برشی (Pa) برای سس سالسا حاوی گوار در دمای ۲۵ °C

Figure 1- shear rate (S^{-1}) vs. shear stress (Pa) for salsa sauce containing Guar gum at 25 °C

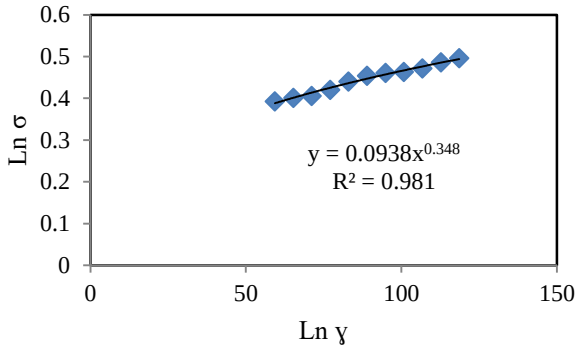


شکل۲- رابطه لگاریتم سرعت چرخشی (rpm) و لگاریتم گشتاور برای سس سالسا (حاوی هیدروکلوئید گوار و دمای۲۵ °C)

Figure 2- logarithmic plot of rotational speed (lnN) vs. log torque (lnM) for salsa sauce containing guar hydrocolloid at 25 °C

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- مدل پاورلا برای سس سالسا حاوی گوار در دمای ۲۵ °C

Figure 3- Power law model for salsa sauce containing guar at 25°C

در این پژوهش نتایج حاصل در سه دمای ۵، ۲۵ و ۴۵ °C و بریکس ثابت ۳۵ نشان داد که با افزایش دما، مقادیر شاخص جریان رفتار (n) و ضریب پایداری (k) کاهش می‌یابند که منطبق بر نتایجی بود که کوچکی و همکاران(۲۰۰۸) در دماهای ۲۵، ۳۵، و ۵۵ درجه سانتی‌گراد در سس کچاپ حاوی زانتان (۰/۵، ۰/۷۵ و ۱٪)، گوار (۰/۵، ۰/۷۵ و ۱) و کربوکسی متیل سلولز (۰/۵، ۰/۷۵ و ۱٪) بدست آوردند. شاخص جریان برای همه نمونه‌ها کمتر از یک و در محدوده ۰/۱۸۹–۰/۲۲۸ و ضریب پایداری بین ۸/۴۲ تا ۲۷/۲۲ گزارش گردید (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۸).

جدول ۳- شاخص رفتار جریان (n) و ضریب پایداری (k) برای سس سالسا در دماها و سطوح مختلف هیدروکلوئیدهای زانتان و گوار (مدل پاورلا)

Table 3: Flow behavior index (n) and Consistency coefficient (k) for salsa sauce at different temperatures and levels of xanthan and guar hydrocolloids (Power low model)

hydrocolloids	5 °C			25 °C			45 °C		
	n	k	R^2	n	k	R^2	n	k	R^2
Xanthan (100%)	0.334	3.122	0.983	0.284	2.853	0.943	0.281	2.655	0.950
Guar (100%)	0.350	2.672	0.968	0.348	2.241	0.983	0.315	2.033	0.937
Xanthan (50%) Guar (50%)	0.378	2.109	0.966	0.336	2.021	0.921	0.242	1.916	0.962

اثر دما بر ضریب پایداری سس سالسا

از آنجایی‌که بررسی تغییرات ویسکوزیته ظاهری و یا ضریب پایداری سس سالسا بر حسب دما با توجه به شرایط دمایی مختلف حین انبارمانی و نگهداری سس سالسا، اهمیت دارد، لذا به منظور تعیین تابعیت ضریب پایداری با دما از مدل آرنیوس استفاده گردید و با استفاده از رگرسیون خطی ضریب پیش نمایی[1] (K_0) و انرژی فعال‌سازی[2] (E_a) محاسبه شدند که مقادیر آن‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. شکل ۴ رابطه ضریب پایداری با دما برای سس سالسا را با استفاده از مدل آرنیوس نشان می‌دهد. همانطورکه مشاهده می‌شود بین لگاریتم ضریب پایداری و عکس دما رابطه خطی وجود دارد. در صورت حضور مواد معلق در محصولات مانند آب میوه‌ها و پوره میوه‌ها، انرژی فعال‌سازی بسیار کاهش می‌یابد. انرژی فعال‌سازی با افزودن هیدروکلوئیدها کاهش می‌یابد، افزایش مدت زمان انبارمانی و نگهداری محصول نیز منجر به کاهش E_a می‌گردد (شاروبا و همکاران ۲۰۰۵؛ کوچکی و همکاران ۲۰۰۹).

[1] Proportionality Constant
[2] Activation Energy

www.SID.ir

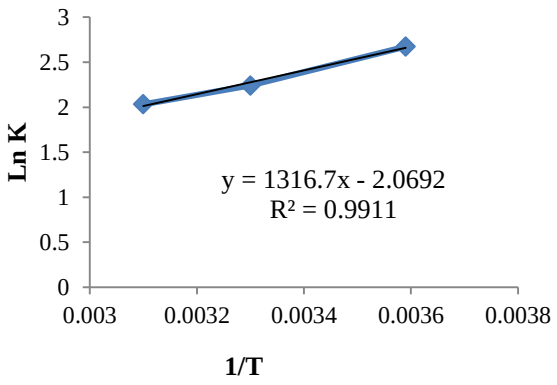
Archive of SID

مقادیر انرژی فعال‌سازی محاسبه شده از این پژوهش بین ۳/۲۱۳ KJ mol^{-1} تا ۱۰/۹۴۷ بود. همانطورکه در جدول ۴ مشاهده می‌شود انرژی فعال‌سازی برای سس سالسای حاوی صمغ گوار به تنهایی، بیشتر از سایر سس‌ها می‌باشد. انرژی فعال‌سازی محاسبه شده از این پژوهش با داده‌های کوچکی و همکاران (۲۰۰۸) ال-دساکی (۲۰۱۴) برای سس کچاپ که به ترتیب در دامنه‌های ۸/۲۱۴- J mol^{-1} ۶/۵۴۹ و ۱۴-/۲۵ KJ mol^{-1} ۱۱/۴۳ گزارش شده بودند هم‌خوانی دارند.

جدول ۴- انرژی فعال‌سازی (E_a) ، ضریب پیش نمایی (K_0) و ضریب همبستگی (R^2) برای سس سالسا حاوی هیدروکلوئیدهای زانتان و گوار در دماهای (۵ ، ۲۵ و ۴۵ °C)

Table 4- Activation energy (Ea), pre-exponential coefficient (K_0) and correlation coefficient (R^2) for salsa sauce containing xanthan and guar hydrocolloids at (5, 25, 45 °C)

hydrocolloids	(KJ mol^{-1})activation energy	($Pa.s^n$)pre-exponential coefficient	correlation coefficient
Xanthan (100%)	7.917	0.744	0.999
Guar (100%)	10.947	0.126	0.991
Xanthan (50%) and guar (50%)	3.213	2.071	0.975



شکل۴ - رابطه ضریب پایداری (lnk) با دما (1/T) برای سس سالسا حاوی صمغ گوار و دماهای (۵، ۲۵ و ۴۵ °C)

Figure 4- stability coefficient (k) vs. temperature (1/T) for salsa sauce containing guar at 5, 25, 45 °C

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که نمونه های سس سالسای تولید شده از نظر رئولوژیکی جزو سیالات غیرنیوتنی از نوع قانون توان هستند. n یا شاخص رفتار جریان کوچکتر از یک نشان‌دهنده رفتار رقیق‌شوندگی با برش یا سودوپلاستیسیته نمونه‌های سس سالسا می‌باشد که با افزایش دما، مقادیر شاخص جریان رفتار (n) و ضریب پایداری (k) کاهش یافتند. مقادیر انرژی فعال‌سازی محاسبه شده از این پژوهش بین ۳/۲۱۳ KJ mol^{-1} تا ۱۰/۹۴ بدست آمدند و انرژی فعال‌سازی برای سس سالسای حاوی صمغ گوار به تنهایی، بیشتر از سایر سس ها بود. تعیین خصوصیات رئولوژی سس سالسا نقش موثری در انجام مطلوب فرایندهای انتقال، نگهداری، گرمایش، سرمایش و انتخاب ماشین آلات فرآوری در تولید صنعتی این محصول دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۲. سس گوجه فرنگی. استاندارد ملی ایران، شماره ۲۵۵۰، اصلاحیه شماره ۱.

توکلی پور ح و کلباسی اشتری الف، ۱۳۹۲. بررسی ویژگی های رئولوژیکی شیره انگور. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره۴۰ ، دوره ۱. صفحه های ۱۲۹ تا ۱۳۷.

قنبرزاده ب، ۱۳۸۸. مبانی رئولوژی مواد و بیوپلیمرهای غذایی، انتشارات دانشگاه تهران.

مصباحی غ، نیاکوثری م، سوادکوهی س و فرحناکی ع، ۱۳۸۷. ارزیابی ویژگی های عملکردی کربوکسی متیل سلولز تولیدی از تفاله چغندرقند در مقایسه با سایر قوام دهنده ها در سس کچاپ. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۷، شماره ۳. صفحه های ۶۲ تا۷۳.

Bansal R, and Kuar J, 2015. Physicochemical assessment and storage stability of fresh and processed tomato salsa with herbs. International Journal of Technical and Applications 3: 69-80.

Bramley PM, 2000. Is lycopene beneficial to human health. Phytochemistry 54: 233-236.

Deepak M, Sheweta B, Bhupendar SK, 2011. Guar gum: processing, properties and food applications—A Review. Journal of Food Science Technology 51(3):409-18.

EL-Desouky AI, 2014. Effect of hydrocolloids addition on rheological properties and sensory quality of tomato ketchup during storage. Benha University publications, Egypt.

Giovannucci E, Rimm EB, Liu Y, Meir J, Stampfer MJ and Willett WC, 2002. A Prospective Study of Tomato Products, Lycopene, and Prostate Cancer Risk. Journal of the National Cancer Institute 94(5): 391-398.

Gujral SH, Sharma A and Singh N, 2002. Effect of hydrocolloids, storage temperature, and duration on the consistency of tomato ketchup. International Journal of Food Properties 5: 179-191.

Kayacier A and Dogan M, 2006. Rheological properties of some gums-salep mixed solutions. Journal of Food Engineering 72:201-265.

King AH, 2011. Hydrocolloids in salad dressings. Chicago: IFT Press Pp. 3-19.

Koocheki A, Ghandi A, Razavi MA, Mortazavi A and Vasiljevic T, 2008. The rheological properties of ketchup as a function of different hydrocolloids and temperature. International Journal of Food Science and Technology 44: 596–602.

Kumari A and Sachdev P, 2013. Selection of hydrocolloids to formulate processed tomato salsa with herbs. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology 18-22.

Ma L and Barbosa–Ca'novas, GV, 1995. Rheological characterization of mayonnaise. Part I:Slippage at different oil and xanthan gum concentrations. Journal of Food Engineering 25: 397-408.

Ma L and Barbosa–Ca'novas GV, 1995. Rheological Characterization of Mayonnaise, Part I: Slippage at different oil and xanthan gum concentrations. Journal of Food Engineering 25: 409-425.

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

Sahin H, Ozdemir F, 2007. Effect of some Hydrocolloids on the serum sepration of different formulated ketchups. Journal of Food Engineering 81: 437-446.

Sengul M, Ertugay MF and Sengul M, 2005. Rheological, physical and chemical characteristics of mulberry pekmez. Food Control 16: 73–76.

Sharoba AM, Senge B, El-Mansy HA, Bahlol H ElM and Blochwitz R, 2005. Chemical, sensory and rheological properties of some commercial German and Egyptian tomato ketchups. European Food Research and Technology 220: 142–151.

Valencia C, Sanches MC, Ciruelos A, Latorre A, Madiedo JM, Gallegos C, 2003. Non-linear viscoelasticity modelling of tomato paste products. Food Research International 36: 911-919.

Vercet A, Sanchez C, Burgos J, Montanes L, Buesa PL, 2002. The effect of manothermosonication on tomato pectic enzymes and tomato paste rheological properties. Journal of Food Engineering 53: 273-278.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Food Researches/vol.30 No.3/ 2020/pp 77-87
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

Effect of temperature, xanthan and guar hydrocolloids on rheological properties of salsa sauce

N Pourebrahim[1], A sharifi[2*], M Maleki[1] and N Divandari[1]

Received: October 28, 2018 Accepted: June 15, 2019
[1]PhD student, Food Science and Technology, Islamic Azad University of Sabzevar, Sabzevar, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran
[*]Corresponding author: Email: asharifi@qiau.ac.ir

Introduction: Salsa is one of the most popular and widely used tomato sauces that contain tomato, onion, garlic, pepper, salt, herbs, spices, and acid (Giovannucci et al., 2002; Bramley, 2000). The sauce is a low-calorie and high-fiber food additive and is rich in vitamins and minerals (Bramley, 2000). Salsa is flavored with fruits, vegetables (coriander and oregano) and various spices (Bansal and Kuar, 2015). Stability and viscosity of tomato sauce depends on the amount of suspended particles (pulp) in the dispersed phase and the components of tomato such as pectin (Valencia et al., 2003; Vercet et al., 2002). Serum separation or syneresis is one of the most important problems in the processed tomato products, which has a negative impact on quality and marketability of the product. Hydrocolloids are carbohydrate biopolymers such as gums and sometimes proteins such as gelatin that can absorb a large amount of water in their structure and cause useful functional properties in food systems (Ghanbar zadeh, 2009). The most significant properties are consistency, gelatinization, and stability of food colloidal system, oil absorption inhibition, emulsification, film coating, syneresis inhibition, moisture absorption and reduction of water mobility. The viscosity and consistency of the sauce should be usually kept for one year or more. Only hydrocolloids can be used in the sauce that remains stable under high heating rate and acidity conditions for a long time. Selection of the type of hydrocolloids is influenced by the preferred functional characteristics in the final product and the natural functional characteristics of each hydrocolloid, but undoubtedly the price parameter is also an important factor (King et al., 2011). Xanthan, tragacanth, propylene glycol alginate, and microcrystalline cellulose are the most resistant hydrocolloids to acid (Sahin and Ozdemir, 2004; King et al., 2011).

Gujral et al (2002) evaluated the effect of guar gum, sodium alginate, pectin, CMC (carboxy methyl cellulose), xanthan gum and gum acacia on the consistency index, serum loss and flow value of tomato ketchup during storage at 5 and 50°C. All hydrocolloids increased consistency of tomato ketchup; however, guar gum and xanthan gum caused maximum increase followed by CMC, sodium alginate, gum acacia and pectin. Xanthan and guar gum caused maximum decrease in serum loss and flow value whereas pectin caused the least. Sahin and Ozdemir (2004) were added five different hydrocolloids (tragacanth gum, guar gum, carboxy methyl cellulose, xanthan gum and locust bean gum), to three different formulated ketchups. All hydrocolloids increased the consistency of the tested samples; however, guar gum and locust bean gum caused the maximum increase, followed by xanthan gum, tragacanth gum and carboxy methyl cellulose (CMC). Kumari and Sachdev (2013) selected of hydrocolloids to formulate processed tomato salsa with herbs. Formulation of tomato salsa was finalized on the basis of sensory evaluation as tomato, vinegar, sugar, cilantro, onion, garlic, capsicum, green chilli, oregano, cumin, pepper and salt. Pectin, sodium alginate, CMC and guar gum were added to processed tomato salsa with different levels of concentrations to avoid separation of serum from product and to improve viscosity. Guar gum at 0.2 % concentration showed high viscosity compared with other hydrocolloids of same concentration, and scored higher

www.SID.ir

Archive of SID

in overall acceptability of formulated product. Sahin and Ozdemir (2007) were added tragacanth gum, guar gum, carboxy methyl cellulose, xanthan gum and locust bean gum to three different formulated ketchups and the effect of these hydrocolloids on the serum separation of tomato ketchups was investigated. The serum separation of ketchup samples decreased with the addition of all hydrocolloids and increases of gum levels. However, xanthan and guar gums caused the greatest decrease in serum separation.

Given the limited research on the rheological properties of salsa sauce in Iran, this study investigates the effect of guar and xanthan gums on the physicochemical and rheological properties of salsa. Several measurements are performed, including shear stress and shear rate in fixed brix and at different temperatures, consistency coefficient, flow behavior index, and activation energy.

Material and methods: In this study, some physicochemical characteristics of salsa such as acidity, total sugar, salt, total soluble solids, pH and total ash are measured base on National standard of Iran (No, 2550), rheological parameters are determined using a Brookfield viscometer at temperatures of 5, 25 and 45 ° C and at three different levels of xanthan and guar (xanthan 100%, guar 100% and xanthan 50%-guar 50%). The rheological properties of Salsa sauce samples were calculated using the power law model based on the Mitschka method. The Arrhenius model was used to study the apparent viscosity variations and the consistency coefficient (k) of Salsa sauce in terms of different temperature conditions (Tavakoli pour and Kalbasi, 2013).

Results and discussion: The results of Salsa sauce chemical tests were compiled to Iran's national standard for sauce and were as follows: pH= 3.3, Acidity (g Acetic Acid/100 g) = 1.59, total ash= 3.5, total sugar content= 16, total solid content= 1.74. Using Mitschka method, the results show that salsa has a non-Newtonian behavior characterized by the power law model. Flow behavior index (n) and consistency coefficient (k) for all of samples was (0.282-0.378) and (1.91-3.12) respectively.The flow behavior index, n was<1, that represents the dilute or pseudoplastic behavior of salsa sauce samples. The flow behavior index (n) and consistency coefficient (k) decreased with increases in temperature. The effect of temperature was identified by Arrhenius equation and the activation energy of 3.2135 to 10.947 KJ/mol was determined. The salsa sauce containing Guar and xanthan had the least energy activation, and then the sauce contains 100% xanthan, this sauce had the highest amount of consistency coefficient in temperature of 5° C. Therefore, it has more appropriate rheological properties than other samples.

Conclusion: Determining the rheology properties of Salsa sauce has an important role in optimally performing the processes of transfer, storage, heating, cooling and selection of processing machinery and design lines in the industrial production of this product. Choosing the type and concentration of hydrocolloids also plays an important role in optimizing the formulation of Salsa sauce.

Key words: salsa sauce, Guar, Xanthan, Mitschka method, consistency coefficient

www.SID.ir