

## اثر دما و هیدروکلونیدهای زانتان و گوار بر ویژگی‌های رئولوژیکی سس سالسا

نسیم پورابراهیم<sup>۱</sup>، اکرم شریفی<sup>۲\*</sup>، مریم ملکی<sup>۱</sup> و نسیم دیواندری<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۶

تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۲۵

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، سبزوار، ایران

<sup>۲</sup> 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 هیدروکلونیدهای 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 فعالسازگی بین  $۳/۲۱۳$  تا  $۱۰/۹۴۷$   $\text{KJ mol}^{-1}$  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 ویژگی‌های رئولوژیکی مناسب تری نسبت به سایر نمونه ها برخوردار بود.

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

### مقدمه

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

گوجه‌فرنگی یکی از مهمترین سبزیجات است که محصولات مشتق‌شده از آن مانند رب گوجه‌فرنگی، کنسانتره، سس کچاپ<sup>۱</sup> و سالسا<sup>۲</sup> بسیار محبوب و پرمصرف و دارای مقادیر بالای آنتی‌اکسیدان‌ها

<sup>۱</sup> Ketchup

<sup>۲</sup> Salsa Sauce

صمغ زانتان هتروپلی ساکارید دارای واحدهای پنتاساکارید تکرارشونده است که توسط میکروارگانیزم *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. (سahین و ازدمیر ۲۰۰۴).

صمغ گوار نوعی هیدروکلئید حاصل از گیاه *Cyamopsis tetragonolobus* می‌باشد یا به عبارتی دیگر نوعی galactomannan بلند زنجیر با جرم مولکولی زیاد از پلی ساکاریدهای هیدروکلئیدی 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 هیدروکلئیدها، 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 هیدروکلئیدها بر خواص رئولوژیکی سس‌های کچاپ با

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 بر این 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. هیدروکلئیدها، بیوپلیمرهای کربوهیدراتی (مانند صمغ‌ها) و گاهی پروتئینی (مانند ژلاتین) هستند که می‌توانند مقدار زیادی آب را در ساختار خود جذب کرده و بدین طریق باعث ایجاد خواص کاربردی مفید در سیستم‌های غذایی شوند. مهم‌ترین این کاربردها عبارتند از: قوام‌دهندگی، ژل‌دهندگی، پایدار کننده برای سیستم‌های کلئیدی غذایی، بازدارندگی در برابر جذب روغن‌ها، امولسیون‌کنندگی، تشکیل دهنده فیلم و پوشش‌های خوراکی، بازدارندگی در برابر آب‌اندازی، جاذب الرطوبه بودن و کاهش دهنده تحرک آب (قنبرزاده، ۱۳۸۸).

به‌طور معمول، ویسکوزیته و قوام سس‌ها باید به مدت یک‌سال یا بیشتر حفظ شود. تنها هیدروکلئیدهایی می‌توانند در سس‌ها مورد استفاده قرار گیرند که در برابر اسیدیته و گرما به مدت طولانی پایدار باشند. انتخاب نوع هیدروکلئیدها تحت تاثیر خواص عملکردی<sup>۱</sup> موردنظر در محصول نهایی و خواص عملکردی ذاتی هر هیدروکلئید قرار می‌گیرد، اما بدون شک پارامتر قیمت نیز عامل تأثیرگذار مهمی می‌باشد. صمغ‌های زانتان، تراگاکانت، پروپیلن گلیکول آلژینات و میکروکریستالین سلولز از مقاوم‌ترین هیدروکلئیدها در برابر اسید می‌باشند (کینگ ۲۰۱۱).

<sup>1</sup> Functional Characteristics

(متشکل از مواد تازه و مواد غوطه‌ور در آب نمک) مشاهده گردید درحالی‌که سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده مثل رطوبت، لیکوپین 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 ساچداف 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 فیزیکی-شیمیایی 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 روش‌ها

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 نمونه‌های سس سالسا

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

فرمولاسیون‌های مختلف را مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق ۵ هیدروکلونید مختلف از جمله کتیرا، گوار، کربوکسی متیل سلولز، زانتان و خرنوب در غلظت‌های 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 هیدروکلونیدهای مذکور باعث افزایش قوام نمونه‌ها شده و در بین آن‌ها بیشترین افزایش قوام را صمغ گوار و خرنوب با غلظت ۱ درصد در فرمولاسیونی که حاوی ۱۲/۵٪ ماده جامد محلول بوده، داشته است (سahین و ازدمیر ۲۰۰۴).

پس از آن مجدداً در سال ۲۰۰۷، ساهین و ازدمیر تأثیر 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 هیدروکلونیدها و افزایش درصد صمغ‌ها، جدا شدن سرم کاهش یافت. همچنین گوار، زانتان و صمغ دانه خرنوب تأثیر 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 جدا شدن سرم داشت (سahین و ازدمیر ۲۰۰۷).

کوماری و ساچداف 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 فیزیکی-شیمیایی، 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

<sup>1</sup>Bean Gum

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 بر حسب 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:

$$[۲] \ln M = \ln K' + n \ln N$$

در ادامه تنش برشی متوسط از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$[۳] \sigma_a = K_\sigma \times C \times (\%M)$$

$\sigma_a$  تنش برشی متوسط (Pa)،  $K_\sigma$  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:

$$[۴] C = \frac{M_{\max} (\text{dyn.cm})}{7187}$$

آهنگ برشی میانگین از رابطه ذیل بدست می‌آید:

$$[۵] \gamma_a = K\gamma \times N$$

که در آن  $\gamma_a$  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:

$$[۶] K\gamma = 0.263 \left(\frac{1}{n}\right)^{0.771}$$

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 (ساهیین و ازدمیر ۲۰۰۴).  $n$  محاسبه شده در این مرحله باید با مقداری که قبلاً توسط معادله ۲ و از رابطه لگاریتم سرعت چرخشی (rpm) و لگاریتم گشتاور بدست آمده است یکسان باشد (توکلی پور و کلباسی، ۱۳۹۲).

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

### خواص فیزیکی شیمیایی سس سالسا

برخی خواص فیزیکی شیمیایی 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 به منظور اندازه‌گیری ویسکوزیته نمونه‌ها از اسپیندل‌های  $R_5$  و  $R_6$  در دماهای مختلف استفاده گردید. ویسکوزیته و گشتاور هر نمونه پس از گذشت ۳۰ ثانیه در دوره‌های مختلف در دامنه ۲۰۰-۱۰۰ 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.

$$[۱] M = K'N^n$$

<sup>1</sup> Brookfield ( RVDV-III, Made in U.S.A )

## جدول ۲- خواص فیزیکی شیمیایی 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 محدوده ۰/۲۸۲ 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 بر حسب تنش برشی که برای سس سالسا حاوی گوار در دمای ۲۵ °C در شکل ۱ ارائه شده است رفتار رقیق‌شونده 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

## بررسی اثر دما بر ضریب پایداری سس سالسا

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

$$[\eta] K = K_{OT} \exp (E_a / RT)$$

که  $K_{OT}$  ثابت آرنیوس بر حسب  $Pa.s^n$ ،  $E_a$  انرژی اکتیواسیون بر حسب  $T, (Kj/mol)$  درجه حرارت بر حسب  $R$  و  $K$  ثابت گازها بر حسب  $\frac{Kj}{mol.K}$  است  $10^{-3} \times 8.314$  است (سنگال و همکاران ۲۰۰۵).

جدول ۱- ضریب تبدیل تنش برشی ( $K_\sigma$ )Table 1- Conversion coefficient of shear stress ( $K_\sigma$ )

Spindle Number	$K_\sigma$ , (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 فیزیکی شیمیایی 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 ساچد (۲۰۱۳) بر روی خواص فیزیکی شیمیایی، حسی و رئولوژیکی سس سالسای تهیه شده از مواد تازه و همچنین از مواد غوطه‌ور شده در آب نمک ۲٪، اختلاف قابل توجهی 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.

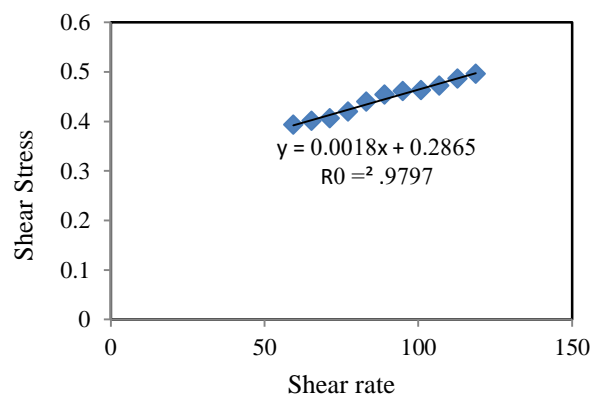
<sup>2</sup>Shear Thinning<sup>1</sup> Arrhenius Model

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

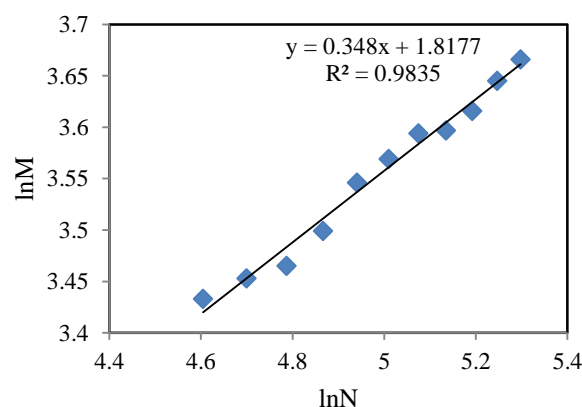
$$[\Delta] \log \sigma_a = \log K + n \log \gamma_a$$

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 ( $n$ ) به دست آمد که این مقدار نیز با مقداری که از شکل ۲ به دست 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).

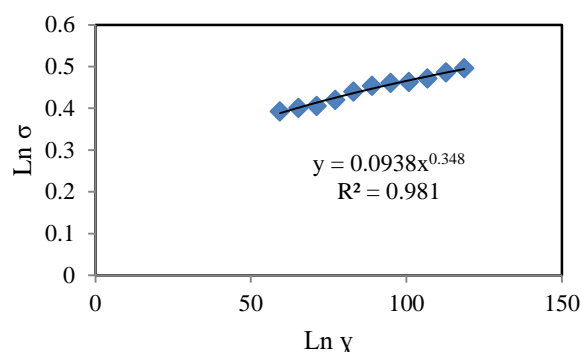
در دمای  $27^\circ\text{C}$ ، ۰/۴۱ و در نمونه سس کچاپ حاوی کربوکسی متیل سلولز تجاری (مرک) در دمای  $27^\circ\text{C}$ ، ۰/۳۴ در حالی که نمونه سس کچاپ حاوی ثعلب دارای شاخص رفتار جریان ۰/۳۳ و نمونه سس کچاپ بدون قوام‌دهنده دارای شاخص رفتار جریان ۰/۴۵ گزارش دادند. نتایج به خوبی نشان داد که سس‌های کچاپ تولیدی رفتار رقیق‌شونده از خود نشان داده و قوام‌دهنده‌ها باعث افزایش ویسکوزیته و رفتار رقیق‌شونده در مقایسه با نمونه سس کچاپ بدون قوام‌دهنده شده‌اند (مصباحی و همکاران، ۱۳۸۷).



شکل ۱- رابطه سرعت برشی ( $S^{-1}$ ) و تنش برشی (Pa) برای سس سالسا حاوی گوار در دمای  $25^\circ\text{C}$   
Figure 1- shear rate ( $S^{-1}$ ) vs. shear stress (Pa) for salsa sauce containing Guar gum at  $25^\circ\text{C}$



شکل ۲- رابطه لگاریتم سرعت چرخشی (rpm) و لگاریتم گشتاور برای سس سالسا (حاوی هیدروکلوئید گوار و دمای  $25^\circ\text{C}$ )  
Figure 2- logarithmic plot of rotational speed (lnN) vs. log torque (lnM) for salsa sauce containing guar hydrocolloid at  $25^\circ\text{C}$



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 سس کچاپ حاوی زانتان (۰/۵، ۷۵، ۱٪)، گوار (۰/۷۵، ۰/۵) و کریبوکسی متیل سلولز (۰/۷۵، ۰/۵ و ۱٪) بدست آوردند. شاخص جریان برای همه نمونه‌ها کمتر از یک و در محدوده ۰/۲۲۸-۰/۱۸۹ و ضریب پایداری بین ۸/۴۲ تا ۲۷/۲۲ گزارش گردید (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۸).

در این پژوهش نتایج حاصل در سه دمای ۲۵، ۳۵ 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

جدول ۳- شاخص رفتار جریان (n) و ضریب پایداری (k) برای سس سالسا در دماها و سطوح مختلف هیدروکلئیدهای 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 <sup>2</sup>	n	k	R <sup>2</sup>	n	k	R <sup>2</sup>
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

در جدول ۴ ارائه شده است. شکل ۴ رابطه ضریب پایداری با دما برای سس سالسا را با استفاده از مدل آرنیوس نشان می‌دهد. همانطور که 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 هیدروکلئیدها کاهش می‌یابد، افزایش مدت زمان انبارمانی و نگهداری محصول نیز منجر به کاهش E<sub>a</sub> می‌گردد (شاروبا و همکاران ۲۰۰۵؛ کوچکی و همکاران ۲۰۰۹).

#### اثر دما بر ضریب پایداری سس سالسا

از آنجایی که 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 (K<sub>0</sub>) و انرژی فعال‌سازی (E<sub>a</sub>) محاسبه شدند که مقادیر آنها

<sup>1</sup> Proportionality Constant

<sup>2</sup> Activation Energy

پژوهش با داده‌های کوچکی و همکاران (۲۰۰۸) ال-دساک (۲۰۱۴) برای سس کچاپ که به ترتیب در دامنه‌های  $۸/۲۱۴ \text{ J mol}^{-1}$  -  $۶/۵۴۹$  و  $۱۴-۲۵ \text{ KJ mol}^{-1}$  گزارش شده بودند همخوانی دارند.

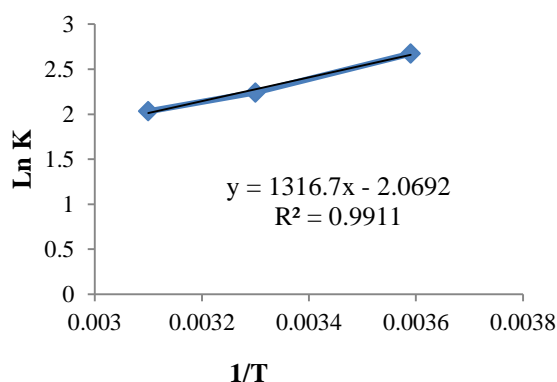
مقادیر انرژی فعال‌سازی محاسبه شده از این پژوهش بین  $۳/۲۱۳ \text{ KJ mol}^{-1}$  تا  $۱۰/۹۴۷$  بود. همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود انرژی فعال‌سازی برای سس سالسای حاوی صمغ گوار به تنهایی، بیشتر از سایر سس‌ها می‌باشد. انرژی فعال‌سازی محاسبه شده از این

جدول ۴- انرژی فعال‌سازی ( $E_a$ )، ضریب پیش‌نمایی ( $K_0$ ) و ضریب همبستگی ( $R^2$ ) برای سس سالسای حاوی

هیدروکلونیدهای زانتان و گوار در دماهای (۵، ۲۵، ۴۵ °C)

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

hydrocolloids	( $\text{KJ mol}^{-1}$ ) activation energy	( $\text{Pa.s}^n$ ) 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



شکل ۴- رابطه ضریب پایداری ( $\ln k$ ) با دما ( $1/T$ ) برای سس سالسای 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**

بین  $۳/۲۱۳ \text{ KJ mol}^{-1}$  تا  $۱۰/۹۴$  بدست آمدند و انرژی فعال‌سازی برای سس سالسای حاوی صمغ گوار به تنهایی، بیشتر از سایر سس‌ها بود. تعیین خصوصیات رئولوژی سس سالسای نقش موثری در انجام مطلوب فرایندهای انتقال، نگهداری، گرمایش، سرمایش و انتخاب ماشین آلات فرآوری در تولید صنعتی این محصول دارد.

#### نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که نمونه‌های 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 سالسای می‌باشد که با افزایش دما، مقادیر شاخص جریان رفتار ( $n$ ) و ضریب پایداری ( $k$ ) کاهش یافتند. مقادیر انرژی فعال‌سازی محاسبه شده از این پژوهش



## 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 ویژگی‌های رئولوژیکی شیره انگور. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۴۰، دوره ۱. صفحه‌های 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 ویژگی‌های عملکردی کربوکسی متیل سلولز تولیدی از تفاله چغندر قند در مقایسه با سایر قوام دهنده‌ها در سس کچاپ. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره ۷، شماره ۳. صفحه‌های ۶۲ تا ۷۳.
- 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 separation 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 EIM 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.

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

N Pourebrahim<sup>1</sup>, A sharifi<sup>2\*</sup>, M Maleki<sup>1</sup> and N Divandari<sup>1</sup>

Received: October 28, 2018 Accepted: June 15, 2019

<sup>1</sup>PhD student, Food Science and Technology, Islamic Azad University of Sabzevar, Sabzevar, Iran

<sup>2</sup>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

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