

(مقاله پژوهشی)

بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی سس انار تحت تاثیر دما، غلظت های مختلف و هیدروکلوئیدهای زانتان و گوار

مریم ملکی^۱، نسیم دیواندری^۱، اکرم شریفی^{۲*}، مریم ایزی^۳

- ۱- دانشجوی دکتری تکنولوژی مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران
 ۲- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.
 ۳- کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۹

چکیده

سس انار از محصولات جانبی انار و رب انار است. فرآوری سس انار از ترکیب پوره سیب، صمغ ها و شیره خرما از اقدامات نوآورانه در تولید سس انار محسوب می شود چون در حال حاضر سایر تولید کنندگان سس انار را از ترکیب رب انار و سرکه تهیه می کنند. مشخص شدن خواص رئولوژیکی سس انار نقش موثری در انجام مطلوب فرایندهای انتقال، نگهداری، گرمایش، سرمایش و انتخاب ماشین آلات فرآوری در تولید صنعتی دارد. در این پژوهش برخی از خواص فیزیکوشیمیایی سس انار مانند pH، بریکس، نمک، قند کل، اسیدیته کل و خاکستر کل و پارامترهای رئولوژیکی با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد در سه دمای ۵، ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی گراد با سه غلظت ۳۲، ۳۷ و ۴۲ درصد همچنین با افزودن صمغ زانتان، گوار و ترکیب زانتان و گوار (۰-۱۰۰ درصد و ۰-۱۰۰ درصد و ۵۰-۵۰ درصد) اندازه گیری شد. محاسبات خواص رئولوژیکی سس انار با روش میچکا نشان داد که این سس سیال غیر نیوتنی از نوع رقیق شونده با برش (سودوپلاستیک) می باشد. همچنین با استفاده از معادله آرنیوس تابعیت ضریب پایداری سس انار با دما تعیین و انرژی فعالسازی بین ۵/۲۵ تا ۱۴ KJ/mol برای بریکس های مختلف بدست آمد و همچنین انرژی فعالسازی بین ۲/۲۶ تا ۴۹/۴۶ KJ/mol برای صمغ های مختلف محاسبه شد. در نهایت با استفاده از رابطه نمایی، ضریب پایداری با بریکس برازش شد.

واژه های کلیدی: سس انار، خواص رئولوژیکی، خواص فیزیکوشیمیایی، انرژی فعالسازی، روش میچکا.

۱- مقدمه

انار (*Punica granatum L.*) از خانواده *Punicaceae*، یکی از قدیمی ترین میوه هایی است که به طور وسیع در بسیاری از کشورهای گرمسیری و نیمه گرمسیری کشت میشود (۴). در آمار اعلام شده از وزارت جهاد کشاورزی در سالهای مختلف (۸۲، ۹۱ و ۹۴) در بین کشورهای تولید کننده دنیا، ایران دارای بیشترین سطح زیر کشت و بالاترین میزان تولید می باشد (۱۵). تولید کل انار در ایران در سال ۱۳۸۵ معادل با ۶۷۰۰۰۰ تن بوده و میزان تولید آن سال به سال روبه افزایش بوده ست. انار به دلیل کیفیت مرغوب از نظر صادرات در بین محصولات کشاورزی محصولی بی رقیب بوده و از نظر اقتصادی دارای اهمیت فراوان می باشد (۱). علاوه بر این، انار توجه بسیاری از مصرف کنندگانی که علاقمند به غذای مغذی با طعم عالی هستند را نیز به خود جلب کرده است (۸). میوه انار که بیشتر به صورت تازه یا فرآوری شده (رب انار، آب انار، شربت انار و انار دانه و سس انار) مصرف یا صادر می گردد، بخشی از منابع اقتصادی جهان را به خود اختصاص داده است. یکی از روش های فراوری انار، تولید سس انار است (۲). این سس با توجه به طعم ملس آن مناسب برای مصرف با انواع غذاهای کبابی و جوجه کباب است. سس انار بر پایه پوره میوه تولید می شود و با توجه به غلظت سس و اعمال فرایند حرارتی به مدت ۱۲ ماه قابلیت ماندگاری دارد (۲). به طور معمول، ویسکوزیته و قوام سس ها باید به مدت یک سال یا بیشتر حفظ شود. به دلیل pH اسیدی سس ها (حد اکثر ۴) و استفاده از حرارت برای پاستوریزاسیون سس، تنها هیدروکلئیدهایی می توانند در سس ها مورد استفاده قرار گیرند که در مقابل اسیدیته و گرما در زمان طولانی پایدار باشند. از مقاوم ترین هیدروکلئیدها در برابر اسید می توان صمغ های زانتان، تراگاکانت، پروپیلن گلیکول آلژینات و میکروکریستالین سلولز را نام برد (۹). صنایع غذایی به ویژه در سالهای اخیر شاهد افزایش چشمگیری در استفاده از هیدروکلئیدها بوده است. برخی از هیدروکلئیدها در غلظتهای کمتر از ۱٪ به صورت معنی داری

سبب تأثیر بر بافت و خواص ارگانولپتیک مواد غذایی می شوند. انتخاب نوع هیدروکلئید تحت تأثیر خواص عملکردی مورد نیاز قرار می گیرد. اما بدون شک پارامتر قیمت نیز عامل تأثیرگذار مهمی می باشد (۱۶ و ۴). صمغ زانتان هتروپلی ساکارییدی است که دارای واحدهای پنتاساکارید تکرارشونده است. این پنتاساکارید شامل ۲ واحد مانوز، ۲ واحد گلوکز و ۱ واحد اسید گلوکورونیک است و حلالیت بالا در آب داغ یا سرد، ویسکوزیته بالا، پایداری عالی در سیستم های اسیدی و گرمایی و در مقابل انجماد و رفع انجماد از مزایای آن است. این صمغ با قدرت پایدارکنندگی خوب در سس ها به کار می رود (۹). صمغ گوار نوعی هیدروکلئید حاصل از گیاه *Cyamopsis Tetragonolobus* (Linne) می باشد یا به عبارتی دیگر نوعی گالاکتومانان بلند زنجیر با جرم مولکولی زیاد از پلی ساکارید های هیدروکلئیدی می باشد (۱۱). رفتار سودوپلاستیک رایج ترین رفتار رئولوژیکی در سیالات غذایی است. اکثر محلول های صمغ ها (زیر غلظت تشکیل دهنده ژل) مانند گوار، زانتان، سدیم آلژینات، گزانتان (شاخص ترین)، پوره میوه ها و سبزی ها (مانند پوره موز، آلو، هلو و زردآلو)، کنساتره آب میوه ها، شیر غلیظ شده ماست زده شده رفتار سودوپلاستیک دارند. صمغ های زانتان و گوار در برخی مواد غذایی خاصیت ویسکوالاستیک نیز دارا هستند (۱۵ و ۱۳). ساهین و اوزدمیر^۱ (۲۰۰۴) تأثیر برخی صمغ ها شامل کتیرا، گوار، کربوکسی متیل سلولز، زانتان و صمغ دانه خرنوب بر خواص رئولوژیکی سس های کچاپ با فرمولاسیون های مختلف با درصد مواد جامد محلول متفاوت، بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که همه هیدروکلئیدها قوام نمونه های سس را افزایش دادند. بر اساس این مطالعه گوار بیشترین تأثیر و کربوکسی متیل سلولز کمترین تأثیر را داشت. در این پژوهش تمامی نمونه ها رفتار غیرنیوتونی رقیق شونده با برش (سودوپلاستیک) از خود نشان دادند (۹). کوچکی و همکاران (۲۰۰۹) مشخصات رئولوژیکی سس کچاپ با

صمغ به مخزن پودری دستگاه و مواد مایع مانند رب انار، آب و گلوکز به مخزن مواد مایع منتقل شد. ابتدا با استفاده از خلأ مواد مایع و در مرحله بعد مواد پودری به هموژن انتقال داده شدند. سپس شیر بخار دستگاه باز و مواد با حرارت ۸۰ درجه سانتی گراد مخلوط گردید. سس انار پس از ۲۰ دقیقه مخلوط شدن مواد در حرارت ۸۰ درجه سانتی گراد پاستوریزه و در نهایت آماده شد. پس از تهیه نمونه اولیه به دلیل احتمال وجود حبابهای هوا که می تواند بر ویسکوزیته سس انار تأثیر بگذارند، تمام نمونه ها به مدت یک ساعت در حمام آب گرم جا به جایی اجباری (Memmert، ساخت آلمان) با دمای ۵۵ درجه سانتی گراد حرارت داده شدند تا کاملاً یکنواخت شوند. پس از حرارت دادن و جهت حذف کامل حباب های هوا نمونه های محصول در ظروف شیشه ای با حجم ۵۰۰ سانتی متر مکعب به مدت ۴۸ ساعت در داخل انکوباتور یخچال دار ۳۰ درجه سانتی گراد نگهداری شدند. جهت تعیین ویژگی های رئولوژیکی نمونه از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد (BROOKFIELD Model DVIII Ultra، ساخت چین تحت لیسانس آمریکا) و برای تعیین بریکس نمونه ها از دستگاه رفاکومتر دستی ساخت چین استفاده گردید.

۲-۲-۲- خواص فیزیکوشیمیایی سس انار

برخی خواص فیزیکوشیمیایی سس انار شامل درصد نمک، درصد قند، درصد اسیدیته، pH، درصد خاکستر کل طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۹۱۱۵ (سس انار ویژگیها و روش های آزمون) و استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۸۵ اندازه گیری شد.

۲-۲-۳- تعیین خواص رئولوژیکی سس انار

آزمون های رئولوژیکی پس از آماده سازی نمونه ها در دو مرحله انجام شد. این آزمونها یک مرحله در سه سطح دمایی ۵، ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی گراد و سه سطح بریکس ۳۲، ۳۷ و ۴۲ درصد و در مرحله دوم در سه سطح دمایی ۵، ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی گراد و تغییر نسبت درصدی صمغ های زانتان،

هیدروکلویدهای زانتان، گوار و کربوکسی متیل سلولز و دماهای مختلف مورد بررسی قرار دادند و رفتار رئولوژیکی کچاپ را در تمامی سطوح صمغ ها و دماها، غیر نیوتنی و سودوپلاستیک گزارش شد (۷). علی رغم انجام پژوهش های متعددی در زمینه بررسی خواص رئولوژیکی سس کچاپ مقاله ای درباره رفتار رئولوژیکی و خواص رئولوژیکی سس انار تولیدی در ایران یافت نشد و این نخستین پژوهش در خصوص تاثیر صمغ های زانتان و گوار بر روی رفتار رئولوژیکی سس انار می باشد. بررسی خواص رئولوژیکی مواد در ارزیابی کیفیت بافت و ماندگاری ماده غذایی و تعیین اثر افزودنی های مختلف مانند قوام دهنده ها و امولسیفایر ها بر بهبود کیفیت و دلپذیری مواد غذایی موثر است. از آنجا که تعیین خواص بیوفیزیکی سس انار نقش موثری در انجام مطلوب فرایندهای انتقال، نگهداری، گرمایش، سرمایش و همچنین شناخت شاخص های بهینه کنترل کیفیت و آنالیز حسی دارد لذا هدف از اجرای این تحقیق تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی نمونه های سس انار با فرمولاسیون جدید در بریکس، دماها و با صمغ های مختلف بود.

۲- مواد و روشها

۲-۱- مواد

مواد اولیه جهت تولید سس انار از بازار محلی مشهد و شرکت ایران چاشنی و شرکت خوشه سرخ شامل: پوره سیب با بریکس ۳۶ تا ۳۸ درصد، رب انار خوشه سرخ اسپتیک با بریکس ۶۸-۷۰ درصد، کنسانتره انار خوشه سرخ با بریکس ۶۴ درصد، شربت گلوکز، سرکه، نمک و شکر تهیه شد. صمغ زانتان و گوار از شرکت سیگما آلدریج تهیه شد.

۲-۲ روش ها

۲-۲-۱ آماده سازی نمونه

نمونه سس انار با دستگاه هموژنایزر تحت خلأ شرکت پارسیان طرح سینا تولید شد. مواد پودری شامل شکر، نمک، اسید و

$$C = M/7187 \quad (۴)$$

آهنگ برشی میانگین از رابطه زیر بدست می آید:

$$\dot{Y} = K \times N \quad (۵)$$

در آن \dot{Y} آهنگ برشی میانگین و K ضریب تبدیل آهنگ برشی است که به مقدار عددی شاخص رفتار جریان وابسته است:

$$\dot{Y} = 0.263 (1/n)^{0.771} \quad (۶)$$

روند روش میچکا به این ترتیب است که ابتدا شاخص رفتار جریان (n) از معادله (۱) با رگرسیون خطی بدست می آید و سپس تنش برشی متوسط و آهنگ برشی میانگین توسط روابط ۳ و ۵ محاسبه می شوند. از رابطه سیال پاورلا ($\sigma = k\dot{Y}^n$) توسط تحلیل رگرسیون پارامترهای رئولوژیکی شاخص رفتار جریان (n) و ضریب پایداری (K) بدست می آید به طوریکه n محاسبه شده در این مرحله باید با مقداری که قبلاً بدست آمده یکسان باشد (۱۴).

جدول ۱ - ضریب تبدیل تنش برشی ($K\sigma$) (۱۴)

$K\sigma, Pa$	شماره اسپیندل
۰/۰۳۵	۱
۰/۱۱۹	۲
۰/۲۷۹	۳
۰/۵۳۹	۴
۱/۰۵	۵
۲/۳۵	۶
۸/۴۰	۷

۲-۲-۳-۲ اثر دما بر ضریب پایداری سس انار

یکی دیگر از پارامترهای قابل بررسی، تغییرات ویسکوزیته ظاهری نمونه ها و یا ضریب پایداری سس انار بر حسب دما است به این منظور از رابطه آرنیوس استفاده می شود:

$$K = K_0 \exp (Ea/RT)$$

گوار و ترکیب زانتان گوار (۰-۱۰۰ درصد و ۱۰۰-۰ درصد و ۵۰-۵۰ درصد) توسط ویسکومتر بروکفیلد انجام گرفت. این ویسکومتر دارای اسپیندهای R_1 تا R_7 می باشد. برای صحت بیشتر در اندازه گیری ویسکوزیته نمونه ها، از اسپیندهای R_3 تا R_6 در دماهای مختلف استفاده شد. ویسکوزیته و گشتاور هر نمونه پس از گذشت مدت زمان نسبتاً کوتاه و مشخص (۳۰ ثانیه) در دوره های مختلف در دامنه ۱۰۰-۲۱۰ rpm در ۱۲ نقطه اندازه گیری و جهت برازش داده ها از نرم افزار Excel 2007 استفاده شد.

۲-۲-۳-۱-۱ محاسبه پارامترهای رئولوژیکی سس انار با روش میچکا

با استفاده از روش میچکا (در اکثر مقالات علمی برای محاسبه خواص رئولوژیکی از این روش استفاده شده است) خواص رئولوژیکی سس انار به ترتیب زیر محاسبه شد. ابتدا با استفاده از رابطه ۱ مقدار n یا شاخص جریان محاسبه گردید.

$$M = K N^n \quad (۱)$$

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

$$\ln M = \ln K + n \ln N \quad (۲)$$

خاطر نشان می شود که در روابط فوق می توان به جای گشتاور (M) از درصد گشتاور که از ویسکومتر خوانده می شود با دقت خوبی استفاده کرد. در ادامه تنش برشی متوسط از رابطه ۳ محاسبه می شود:

$$\sigma = K \sigma \cdot C \cdot M \quad (۳)$$

در آن σ تنش برشی (Pa)، $K\sigma$ ضریب تبدیل تنش برشی است (تابعی از نمره اسپیندل است جدول (۱)، C ثابت بدون بعد است به ظرفیت گشتاور کل دستگاه بستگی دارد و از رابطه زیر به دست می آید:

$$K=K_0 \exp(BC)$$

که در آن K_0C ثابت پیش نمایی، C غلظت یا بریکس ماده غذایی و B ضریب با واحد عکس غظت است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خواص فیزیکوشیمیایی

خواص فیزیکوشیمیایی مورد بررسی سس انار در جدول ۲ گزارش شده است.

که در آن K_{OT} ثابت آرنیوس بر حسب Pa.S^n ، E_a انرژی اکتیواسیون بر حسب (KJ/mol) ، T درجه حرارت بر حسب K و R ثابت جهانی گازها $(\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1})$ است.

۳-۲-۲- اثر غلظت بر ضریب پایداری سس انار

پارامتر دیگری که قابل بررسی است مقایسه تغییرات ویسکوزیته ظاهری نمونه ها با یکدیگر نسبت به غلظت (بریکس) می باشد. در اینجا به منظور بررسی رابطه ویسکوزیته با غلظت از تابع نمایی به شکل زیر استفاده شد

جدول ۲- خواص فیزیکوشیمیایی سس انار در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد

مقدار	ویژگی
3 ± 0.3	pH (۳/۵-۲/۵)
32.8 ± 2.3	بریکس (<30) (گرم در صد میلی لیتر)
1.75 ± 0.22	نمک (>2.2) (درصد)
17 ± 1.75	قند کل (<5) (درصد)
3.1 ± 0.07	اسیدیته کل (>4) (درصد)
2.9 ± 0.12	خاکستر کل (>3.5) (درصد)

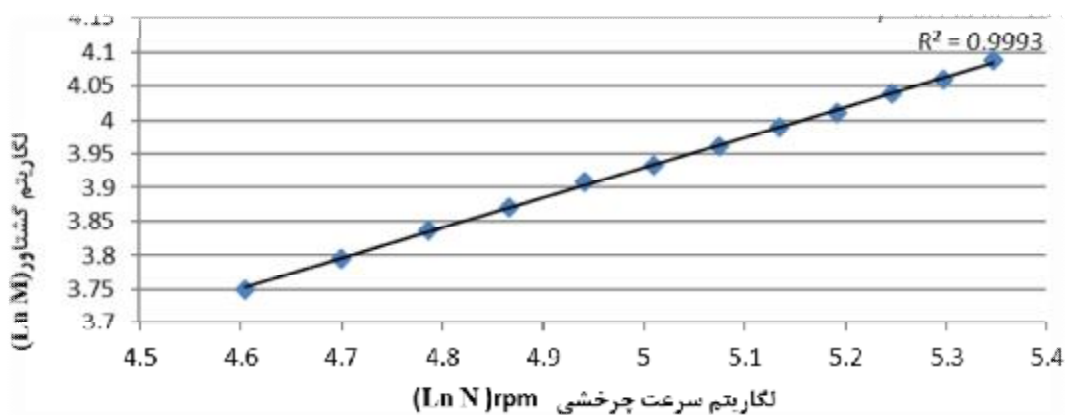
۳-۲- نتایج آزمون رئولوژیکی

نتایج حاصل از آزمایش در سه دمای ۵، ۲۵ و ۴۵ درجه سانتی گراد و بریکس های ۳۲، ۳۷ و ۴۲ نشان داد که هر سه نمودار رفتار غیر نیوتنی از نوع قانون توان، رقیق شونده با برش یا سودوپلاستیک داشتند و همچنین نتایج آزمایش در سه دمای مختلف با صمغ های زانتان، گوار و مخلوط زانتان و گوار نیز رفتار غیر نیوتنی رقیق شونده با برش نشان داد که با نتایج بدست آمده توسط سایر محققین برای این صمغها مطابقت دارد (۵، ۷، ۹، ۱۳). با افزایش دما در سرعت برشی ثابت، تنش برشی کاهش می یابد. داده های تجربی بدست آمده با استفاده از مدل قانون توان توسط نرم افزار اکسل (۲۰۰۷) برازش شدند و با استفاده از ضریب تبیین R^2 بهترین بریکس سازگار با دما تعیین

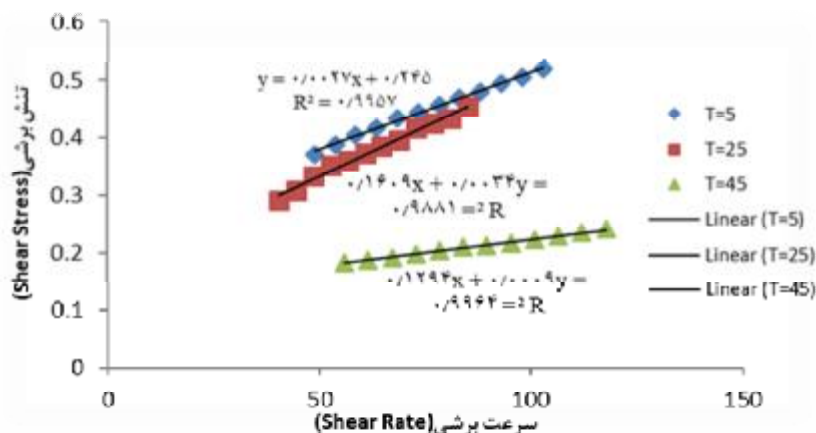
شد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود با ترسیم لگاریتم گشتاور بر حسب لگاریتم دور اسپیندل (معادله ۲) و از شیب خط حاصل شاخص رفتار جریان و با استفاده از روابط ۳ و ۴ و ۵ به ترتیب تنش برشی و سرعت برشی محاسبه شد که از رسم نمودار حاصل از شکل ۲، رفتار رقیق شونده با برش سس انار قابل مشاهده است. با استفاده از رابطه قانون توان و گرفتن لگاریتم از طرفین رابطه ($\sigma = k\dot{\gamma}^n$) و $\text{Log } \sigma a = \text{Log } K + n$ با ترسیم لگاریتم تنش برشی بر حسب لگاریتم آهنگ برشی و از روی عرض از مبدا منحنی حاصل، ضریب پایداری و ضریب X شاخص رفتار جریان بدست آمد که این مقدار با مقدار n قبلی که از شکل ۱ بدست آمده بود یکسان بود. مقادیر حاصل در جداول ۳ و ۴ گزارش شده است. همانطور

نسبت درصدی ۵۰-۵۰ زانتان گوار با افزایش دما، کاهش یافت اما در نسبت ۱۰۰ درصد صمغ گوار در دمای ۵ و ۴۵ درجه سانتی گراد افزایش و در دمای ۲۵ درجه کاهش مشاهده شد. تغییرات شاخص رفتار جریان با افزایش دما از روند خاصی تبعیت نمی کرد. هر سیال می تواند ترکیبی از چند نوع حالت و رفتار رئولوژیکی باشد. دما، غلظت، مواد جامد محلول، مواد معلق و وزن ملکولی مواد می تواند بر ضریب پایداری (قوام)، ویسکوزیته و همچنین در حالات و رفتارهای مختلف تاثیر بگذارد. ممکن است در یک غلظت حالت و رفتار با غلظت دیگر متفاوت باشد. افزایش و کاهش مواد محلول و معلق نیز تاثیر گذار است (۱۴).

که مشاهده می شود همه فرمولاسیون های سس انار در تمامی غلظت ها، سطوح صمغ ها و دماها، رفتار سیال قانون توان از نوع رقیق شونده با برش یا سودوپلاستیک نشان داد. ساهین و ازمیر (۲۰۰۷)، کوچکی و همکاران (۲۰۰۹) برای فرمولاسیون های مختلف سس البته سس کچاپ با صمغ های زانتان، گوار و دماهای مختلف رفتار غیر نیوتنی، سودوپلاستیک گزارش کردند (۵، ۱۰). با افزایش بریکس و افزایش دما، ضریب پایداری سس انار افزایش ولی با افزایش دما در بریکس های ۳۷ و ۴۲ ضریب پایداری کاهش و در بریکس ۳۲ افزایش یافت. ضریب پایداری در نسبت ۱۰۰ درصد صمغ زانتان و



شکل ۱- رابطه لگاریتم سرعت چرخشی (rpm) و لگاریتم گشتاور سس انار (بریکس ۳۷ و دمای ۵ درجه سانتی گراد)



شکل ۲- رابطه سرعت برشی و تنش برشی در بریکس ۳۷ و دماهای ۵، ۲۵، ۴۵ درجه سانتی گراد

جدول ۳- ضریب پایداری و شاخص رفتار جریان سس انار در دما و غلظت های مختلف

BX	دما								
	۵			۲۵			۴۵		
	K	n	R ²	K	n	R ²	K	n	R ²
۳۲	۰/۰۲۸	۰/۶۴۳	۰/۹۹۹	۰/۰۳۴۴	۰/۴۴۱	۰/۹۹	۰/۰۳۷	۰/۲۴۰	۰/۹۹
۳۷	۰/۰۶۵	۰/۴۴۵	۰/۹۹۹	۰/۰۴۱۸	۰/۵۶۸	۰/۹۹	۰/۰۳۹	۰/۳۷۴	۰/۹۹
۴۲	۰/۰۹۰	۰/۴۹۱	۰/۹۹	۰/۰۵۳۴	۰/۵۳۱	۰/۹۹	۰/۰۴۲	۰/۲۷۹	۰/۹۹

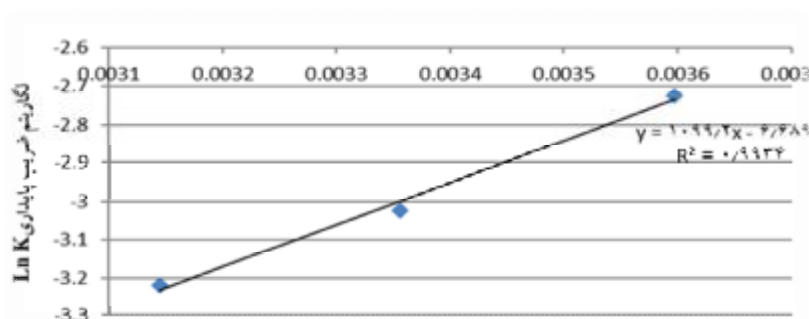
جدول ۴- ضریب پایداری و شاخص رفتار جریان سس انار در دماها و صمغ های مختلف

صمغ	دما								
	۵			۲۵			۴۵		
	K	n	R2	K	n	R2	K	n	R2
زانتان	۰/۱۰۹	۰/۴۳۲	۰/۹۹	۰/۰۹۹	۰/۲۸۶	۰/۹۹	۰/۰۹۶	۰/۲۶۹	۰/۹۹
گوار	۰/۱۳۵	۰/۳۹۵	۰/۹۹	۰/۰۷۴	۰/۴۴۸	۰/۹۹	۰/۳۷۶	۰/۳۴۰	۰/۹۹
زانتان- گوار	۰/۳۷۸	۰/۳۷۷	۰/۹۹	۰/۰۳۰	۰/۵۷	۰/۹۹	۰/۰۳۱	۰/۳۸۳	۰/۹۹

بریکس های مختلف مشاهده شد و با افزایش بریکس انرژی فعالسازی افزایش یافت. همچنین انرژی فعالسازی بین ۲/۲۶ تا ۴۹/۴۶ KJ/mol برای صمغ های مختلف حاصل شد. صمغ زانتان کمترین انرژی فعالسازی و ترکیب زانتان گوار بیشترین انرژی فعالسازی را نشان داد.

۳-۳- اثر دما بر ضریب پایداری سس انار

برای تعیین تابعیت ضریب پایداری (قوام) با درجه حرارت از مدل آرنیوس (معادله ۷) استفاده شد و با استفاده از رگرسیون خطی (شکل ۳) ضریب پیش نمایی (K_0T) و انرژی فعالسازی (E_a) محاسبه و مقادیر آن در جداول ۵ و ۶ گزارش شد. انرژی فعالسازی برای نمونه مذکور بین ۵/۲۵ تا ۱۴ KJ/mol برای



شکل ۳- لگاریتم ضریب پایداری بر حسب 1/T

جدول ۵- انرژی فعالسازی و ضریب پیش نمایی سس انار در بریکس های مختلف

	بریکس ۳۲	بریکس ۳۷	بریکس ۴۲
Ea	۵/۲۵۴۶۹۷	۹/۱۳۸۷۴۹	۱۴/۰۰۴۱
K _{0T}	۰/۲۷۹۵۷	۰/۰۰۱۲۴۴	۰/۰۰۰۲۰۳

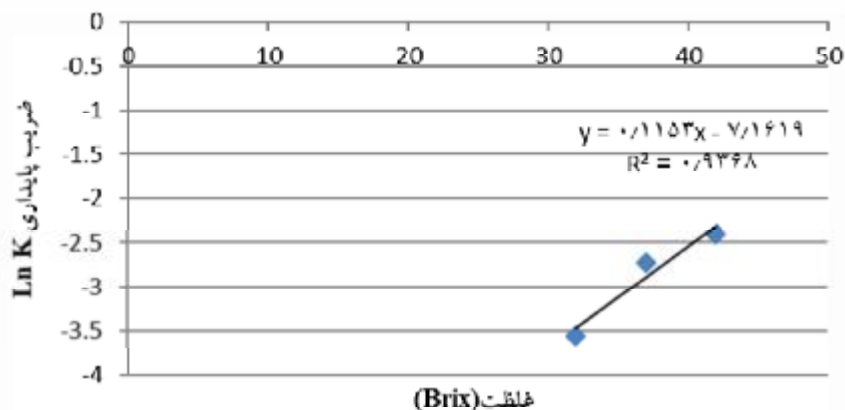
جدول ۶- انرژی فعالسازی و ضریب پیش نمایی سس انار در صمغ های زانتان، گوار و زانتان-گوار

	زانتان (۰٪) و گوار (۰٪)	گوار (۰٪) و زانتان (۱۰۰٪)	زانتان - گوار (۵۰-۵۰٪)
Ea	۲/۲۶۲۵	۲۳/۴۹۷۸	۴۹/۴۶۳۴
K _{0T}	۰/۰۴۰۵۹	۵/۳۵ × 10 ^{-۱۰}	۴/۰۷۹ × 10 ^{-۱۰}

طرفین رابطه فوق و استفاده از رگرسیون خطی (شکل ۴) پارامترهای مدل B و K_{0C} محاسبه و در جدول ۷ گزارش گردید.

۳-۴- اثر غلظت بر ضریب پایدار سس انار

برای تعیین وابستگی ضریب پایداری با غلظت (بریکس) سس انار از معادله نمایی (رابطه ۸) استفاده شد. با گرفتن لگاریتم از



شکل ۴- ضریب پایداری بر حسب غلظت با مدل نمایی

جدول ۷- پارامترهای مدل نمایی در دماهای مختلف

دما	۵	۲۵	۴۵
B	۰/۱۱۵۳	۰/۰۴۴	۰/۰۱۱۲
K _{0C}	۰/۰۰۰۷۷۶	۰/۰۰۸۷۷۶	۰/۰۲۶۴۱۳

دما ویسکوزیته نمونه های سس انار افزایش یافت. انرژی فعالسازی برای نمونه ها در بریکس های مختلف بین KJ/mol ۵/۲۵ تا ۱۴ همچنین انرژی فعالسازی نمونه ها با صمغ های

۵- نتیجه گیری

سس انار مورد بررسی در این پژوهش جز سیالات غیرنیوتنی، قانون توان رقیق شونده با برش (سودوپلاستیک) بود و با کاهش

8. Patil, B.N. 1976. Seedling Selection in the Pomegranate cv. Muskat. M.Sc. (Agri.) Thesis, MPAU Rahuri, pp: 134.
 9. Sahin, H., Ozdemir, F. 2004. Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups. *Food Hydrocollid.* 18(6):1015-22.
 10. Sahin, H., Ozdemir, F. 2007. Effect of some Hydrocolloids on the Serum Separation of Different Formulated Ketchup. *Journal of food Engineering* 81:437-446.
 11. Seaman, J.K. 1973. Guar gum. In: whistler, RL, editor, Industrial gums, 2nd edition. New york :Academicl P ress 1973: 303 – 321.
 12. Seeram, N.P., Adams, L.S., Henning, S.M., Niu, Y., Zhang, Y., Nair, M.G. and Heber, D. 2005. In vitro antiproliferative, apoptotic and antioxidant activities of punicalagin, ellagic acid and total pomegranate tannin extract are enhanced in combination with other polyphenols as found in pomegranate juice. *The Journal of Nutritional Biochemistry.* 16:360-367.
 13. Song, K.W., Kuk, H.Y., Chang, G.S. 2006. Rheology of concentrated xanthan gum solutions: Oscillatory shear flow behavior, 18: 67-81.
 14. Steffe, J. 1996. Rheological methods in food process engineering. Freeman Press, New York, USA.
 15. Talaei, A., Askari, M., Bahadoran, F. and Sherafatyan, D. 2004. Study the effect of hot water and polyethylene bags on post-harvest life and fruit quality of pomegranate cv. Malas-e-Saveh. *Journal of Agricultural Science.* 35: 369-377.
 16. Williams, P.A. and Phillips, G.O. 2000. Introduction to Food Hydrocolloids. Woodhead Publishing Limited. North and South America.
 17. Yunfeng, L., Changjiang, G., Jijun, Y., Jingyu, W., Jing, X. and Shuang, C. 2006. Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food Chemistry.* 96: 254-260
- مختلف بین ۲/۲۶ تا ۴۹/۴۶ KJ/mol محاسبه شد و با افزایش بریکس انرژی فعالسازی افزایش یافت. تعیین خصوصیات رئولوژی سس انار نقش موثری در انجام مطلوب فرایندهای انتقال، نگهداری، گرمایش، سرمایش و انتخاب ماشین آلات فرآوری در تولید صنعتی این محصول دارد.
- ۵- منابع**
۱. محسنی، ع. ۱۳۸۳. نگاهی به وضعیت انار در ایران. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت امور باغبانی، دفتر امور میوه های گرمسیری و نیمه گرمسیری ۲۲.
 2. Al-Maiman, S.A. and Ahmad, D. 2002. Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punicagranatum L.*) fruit maturation. *Food Chemistry.* 76: 437-441.
 3. Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at interface and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids* 17: 25-39.
 4. Fadavi, A., Barzegar, M. and azizi, M.H. 2006. Determination of fatty acids and total lipid content in oilseed of 25 pomegranate varieties grown in Iran. *Journal of Food Composition and Analysis.* 19:676-680.
 5. Higiroy, J., Herald, T.J., Alavi, S. 2006. Rheological study of xanthan and locust bean gum interaction in dilute solution, *Food Research International*, 39: 165-175.
 6. King, A.H. 2011. Hydrocolloids in salad dressings. In: Laaman TR , editor. Hydrocolloids in food processing. Chicago: IFT Press; 011.19-34.
 7. Koocheki, A., Ghandi, A., Razavi, A., Mortazavi, A. 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.

(Original Research Paper)

Investigating of Pomegranate Sauce Rheological, Physicochemical Properties under the Influence of Temperature, Different Ratios of Xanthan and Guar Hydrocolloids

Maryam Maleki¹, Nasim Divandari¹, Akram Sharifi^{2*}, Maryam Eizi³

1-PhD Student of Food Technology, Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

2-Department of Food Science and Technology, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

3-MSc Graduated of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

Received:05/10/2017

Accepted:19/06/2018

Abstract

Pomegranate sauce, as one of product of pomegranate, is usually prepared from pomegranate paste. The processing of pomegranate sauce from the blend of apple puree, gums and date syrup is innovation in the production of pomegranate sauce. Identification of the biophysical properties and pomegranate sauce rheology has a significant role in optimally performing the processes of transfer, storage, heating, cooling and selection of processing machinery in industrial production. This research tends to present some of the physico-chemical properties of pomegranate sauce such as pH, Brix, salt, sugar, total acidity and total ash and rheological parameters were measured using a Brookfield viscometer in three temperatures of 5° C, 25° C and 45° C with three Brix of 32° C, 37° C and 42° C and also, with adding the gum of xanthan, guar and also xanthan and guar composition. Calculations of the rheological properties of pomegranate sauce using Michka method showed that this sauce is a Non-Newtonian fluid in rarefactive form with pseudoplastic shearing. Also, using the Arrhenius equation to determine the stability coefficient of pomegranate sauce was determined using temperature and the activation energy for different disks was between 5.25 to 14 KJ / MoL for different Brixes and also the activation energy for different gums was computed between 2.26 to 49.46. Finally, stability coefficient was fitted with Brix, using exponential relation.

Keywords: Pomegranate Sauce, Michka Method, Rheological Properties, Activation Energy.

*Corresponding Author: asharifi@qiau.ac.ir

