

بررسی تاثیر هیدروکلوئیدهای ثعلب و کربوکسی متیل سلولز بر روی خواص کیفی سس کچاپ

زینب رفتنی امیری^{a*}، امیرمهدی اسماعیلی^b، مزدک علیمی^c

^a استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
^b دانش آموخته کارشناسی ارشد صنایع غذایی، واحد آیت ا... املی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران
^c استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... املی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۶/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۲/۱۳

چکیده

مقدمه: کچاپ سوسپانسیون ناهمگنی است که به عنوان چاشنی برای بهبود طعم و رنگ مواد غذایی استفاده می‌شود. از آنجا که این محصول در طول نگهداری تمایل به تغییر رنگ، از دست دادن قوام و تشدید سینرسیس دارد، در این پژوهش تاثیر پایدار کننده‌های ثعلب و کربوکسی متیل سلولز (CMC) بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، ویژگی‌های رئولوژیک، ریز ساختار و حسی سس کچاپ مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، ثعلب در سطوح ۰/۱۸، ۰/۳۶، ۰/۴۵، ۰/۵۴، ۰/۷۲ و ۰/۹ درصد با CMC در فرمولاسیون سس کچاپ مورد استفاده قرار گرفت. پارامترهای رنگ، سینرسیس، ویژگی‌های رئولوژیک، ریز ساختاری و خواص حسی نمونه‌ها یک و سی روز پس از تولید مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نمونه‌های حاوی ۰/۴۵ درصد CMC و ۰/۴۵ - ۰/۲۲ درصد ثعلب- CMC در یک روز پس از تولید، و نمونه حاوی ۰/۴۵ درصد CMC در سی روز پس از تولید کمترین میزان روشنایی را داشتند. نمونه حاوی ۰/۹ درصد ثعلب بیشترین قرمزی را در هر دو بازه زمانی داشته و نمونه‌های حاوی ۰/۷۲ و ۰/۹ درصد ثعلب بهترین امتیاز رنگ را به ترتیب در یک و سی روز پس از تولید بدست آوردند. میزان سینرسیس نمونه‌ها با افزودن ثعلب در هر دو بازه زمانی کاهش یافته است. CMC تاثیر بیشتری بر روی رفتار سودوپلاستیک کچاپ داشته و نمونه حاوی ۰/۷۲ درصد ثعلب بالاترین ویسکوزیته را دارد. در برازش با مدل کارو، نمونه حاوی ۰/۴۵ درصد CMC ساختار ژلی قویتری نسبت به نمونه‌های حاوی ثعلب نشان داد. تصاویر میکروسکوپی نشان دهنده بافت بهتر و منسجم‌تر برای نمونه حاوی ۰/۷۲ درصد ثعلب نسبت به سایر نمونه‌های می‌باشد. امتیازات داده شده به ویژگی‌های حسی نمونه‌ها قابل قبول بوده و از این نظر اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده نشده است.

نتیجه‌گیری: ثعلب تاثیر مثبتی بر روی رنگ کچاپ داشته و سبب کاهش سینرسیس و بهبود ویسکوزیته کچاپ می‌شود. هر چند CMC تاثیر بیشتری بر روی رفتار سودوپلاستیک سس کچاپ دارد، تصاویر میکروسکوپی تایید کننده بافت بهتر و منسجم‌تر کچاپ حاوی ۰/۷۲ درصد ثعلب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ثعلب، رئولوژی، سینرسیس، کچاپ، کربوکسی متیل سلولز

مقدمه

کچاپ محصول پرمصرفی است که برای بهبود طعم و رنگ غذاهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع کچاپ چاشنی ناهمگنی بر پایه رب گوجه فرنگی یا عصاره، کنسانتره و پوره آن می‌باشد، که در تولید آن از نمک، سرکه، شکر، سیر، پیاز، ادویه‌جات و قوام‌دهنده استفاده می‌شود (Sahin & Ozdemir, 2004; Sharoba *et al.*, 1992; Porreta, 2005). رنگ و ویسکوزیته کچاپ از مهمترین پارامترهای کیفی می‌باشند، که تاثیر مهمی در پذیرش مصرف کننده داشته و معیاری برای استاندارد سازی، ارزش اقتصادی و تعیین کیفیت محصول می‌باشد (Barrett & Anthon, 2008; Bayod *et al.*, 2008). کچاپ سیال غیرنیوتنی است که رفتار سودوپلاستیک از خود نشان می‌دهد (Sahin & Ozdemir, 2004; Sharoba *et al.*, 2005). ویژگی‌های رئولوژیکی و سینرسیس کچاپ به عوامل زیادی از جمله، نوع و میزان هیدروکلوئید مورد استفاده، میزان پالپ و گونه گوجه فرنگی، میزان پکتین محلول، واکنش پکتین/پروتئین، تجزیه آنزیمی، اندازه ذرات، میزان ماده جامد، pH نهایی محصول، روش آماده سازی پالپ، دمای فراوری، فرایند همگن کردن و تغلیظ می‌باشد (Stofros & Ried, 1992; Sahin & Ozdemir, 2004; Bayod *et al.*, 2008). کچاپ گوجه فرنگی محصولی است که در طول نگهداری تمایل به از دست دادن قوام و سینرسیس دارد (Gujral *et al.*, 2002). با افزودن هیدروکلوئیدها به فرمولاسیون کچاپ ویسکوزیته آن افزایش و میزان سینرسیس کاهش پیدا می‌کند (Sahin & Ozdemir, 2007; Sahin & Ozdemir, 2004).

از هیدروکلوئیدهایی مانند گوار، زانتان، کتیرا، پکتین، نشاسته و CMC به طور گسترده در تولید سس کچاپ برای ایجاد قوام استفاده می‌شود، ولی هیدروکلوئید طبیعی و بومی ایران، ثعلب کمتر مورد توجه قرار گرفته است. پودر ثعلب از آسیاب کردن غده‌های سفت و خشک زرد کم رنگ ارکیدهای وحشی (*Orchidaceae*) بدست می‌آید (Kaya & Tekin, 2001; Tekinsen & Guner, 2010). با توجه به نوع گونه، ثعلب معمولا از ۷-۶۱٪ گلوکومانان، ۱-۳۶٪ نشاسته، ۵-۱۰٪ مواد ازته، ۲-۰/۶٪ خاکستر (ماده خشک) و ۶-۱۲٪ رطوبت تشکیل شده است (Citil

(Tekinson, 2011). محلول ثعلب رفتار جریان‌ی سودوپلاستیک از خود نشان می‌دهد که با افزایش غلظت، رفتار رقیق‌شوندگی با برش و قوام آن افزایش (Riazi & Farhoosh, 2005) و با کاهش غلظت، رفتار نیوتنی از خود نشان می‌دهد (عباسی و فروغی نیا، ۱۳۸۶). ثعلب در pH اسیدی و خنثی پایداری خوبی داشته در حالی که در pH بازی بسیار ناپایدار می‌باشد (عباسی و فروغی نیا، ۱۳۸۶) ثعلب در کنار عطر و مزه مطلوبی که به محصول می‌دهد، بعنوان عامل قوام‌دهنده و پایدار کننده عمل می‌کند (Kayacier & Dogan, 2006). CMC هیدروکلوئید بدون بو و مزه، سفید رنگ با وزن مولکولی بین ۲۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰ بوده (Ghannam & Esmail, 1996) که در آب گرم و سرد محلول می‌باشد (Cash & Caputo, 2010) محلول CMC در غلظت بالا رفتار جریان‌ی رقیق‌شوندگی با برش و در غلظت پایین رفتار نیوتنی دارد (Benchabane & Bekkour, 2008). قوام‌دهندگی، ظرفیت نگهداری آب و پایداری خوب در pH پایین از خصوصیات CMC می‌باشد (Murray, 2000). با توجه به پتانسیل ثعلب در ایجاد قوام، پایداری در محیط اسیدی و تاثیر بر طعم، در این پژوهش، اثر مستقل هیدروکلوئید ثعلب، به عنوان پایدارکننده و در ترکیب با CMC که از صمغ‌های تجاری وارداتی است، برخواص کیفی (رنگ، سینرسیس و ویژگی‌های رئولوژیک و حسی) سس کچاپ مورد مقایسه و بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

رب گوجه‌فرنگی از شرکت روژین با بریکس 28، سرکه از شرکت اطمینان امل با اسیدیته ۱۱٪، CMC از شرکت Daicel, Japan، شکر، نمک، فلفل قرمز، جوز هندی، دارچین، میخک، پودر سیر، پودر پیاز، پودر ثعلب و ظروف پلی کربنات ۱۰۰ گرمی درب‌دار برای بسته بندی از بازار محلی در امل برای تهیه کچاپ استفاده شد.

- روش تهیه سس کچاپ

نمونه‌های کچاپ با هر یک از صمغ‌های CMC و ثعلب به تنهایی در غلظت‌های از صفر تا سه درصد تهیه شدند و سپس با در نظر گرفتن ویسکوزیته ثابت، غلظت بهینه مصرف هریک از صمغ‌های CMC و ثعلب در

با استفاده از فرمول ۱ TCS محاسبه شد (Kaya & Belibagli, 2002):

$$TCS = -80/888 + 8/355 a^* - 0/144 a^{*2} - 1/194b^* \quad [1]$$

- سینرسیس

۱۰ گرم از نمونه درون فالكون توزین شد و در سانتیفریوژ (Nuv, Turkey) با ۲۹۸۲g (۵۰۰۰rpm) در ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت و سپس آب نمونه‌ها جدا شد و میزان سینرسیس طبق فرمول ۲ محاسبه شد (Sahin & Ozdemir, 2007).

$$\text{درصد سینرسیس} = \frac{\text{وزن نمونه پس از جدا شدن آب} - \text{وزن نمونه}}{\text{وزن نمونه}} \times 100 \quad [2]$$

- ویژگی‌های رئولوژیکی

برای انجام آزمون رئولوژیکی از رئومتر مدل MCR 301 (Anton Paar, Austria) با دو صفحه موازی^۲ با قطر ۲۵ میلی‌متر و فاصله ۱ میلی‌متر بین صفحات^۳ استفاده شد. آزمون‌های بررسی رفتار جریان و روبش فرکانس یک روز پس از تولید بر روی نمونه‌ها انجام شد.

- آزمون بررسی رفتار جریان

بررسی رفتار جریان نمونه‌ها در محدوده نرخ برش s^{-1} ۱۵۰-۰/۰۱ انجام گرفت و به منظور توصیف رفتار جریان نمونه‌ها از مدل ریاضی کارو برای برازش داده‌ها استفاده شد (Bayod et al., 2008).

فرمولاسیون سس کچاپ به ترتیب با مقادیر ۰/۴۵ و ۰/۹ درصد تعیین شدند. پس از آن، نمونه‌های کچاپ با استفاده از مخلوط ثعلب و CMC بر اساس فرمولاسیون جدول ۱ تولید و کدگذاری شدند. آب و رب و سرکه به مدت ۲ دقیقه توسط همزن (Braun, Type 4191 Turbo, 600Watt, Spain) مخلوط شده و سپس مخلوط مواد پودری شامل صمغ، شکر، نمک و سایر چاشنی‌ها به این سوسپانسیون اضافه شد و مخلوط حاصل بر روی هیتر قرار گرفت تا به دمای به ۸۵ درجه سانتی‌گراد رسید و پس از آن به مدت ۷ دقیقه توسط همزنایزر (Ika, Ultra turrax, T-18, Germany) با دور ۲۴۰۰۰ rpm همگن شد. نمونه‌ها با بریکس نهایی ۳۲/۵±۰/۳ به صورت داغ درون ظرف پر و درب بندی گردید و تا زمان آزمایش در یخچال با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

- آزمون‌ها

- pH و اسیدیته

pH و اسیدیته نمونه‌ها بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۵۰ اندازه‌گیری شد (بی نام، ۱۳۸۱).

- رنگ سنجی

با استفاده از دستگاه هانتربل (color flex 45/0, USA) پارامترهای a^*, b^*, L^* و TCS^1 (امتیاز کلی کچاپ) بدست آمد. ابتدا دستگاه توسط کاشی سفید با پارامترهای رنگی $L^* (93/70)$ ، $a^* (-1/13)$ ، $b^* (1/24)$ کالیبره و سپس عمل سنجش بر روی هر نمونه انجام شد و

جدول ۱- فرمولاسیون پایه کچاپ تهیه شده

TS ₆	TS ₅	TS ₄	TS ₃	TS ₂	TS ₁	TC	
۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	رب گوجه فرنگی (درصد)
۸/۲۵	۸/۲۵	۸/۲۵	۸/۲۵	۸/۲۵	۸/۲۵	۸/۲۵	سرکه (درصد)
۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	شکر (درصد)
۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	مخلوط ادویه‌جات (درصد)
۰	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۳۶	۰/۴۵	CMC (درصد)
۰/۹	۰/۷۲	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۳۶	۰/۱۸	۰	ثعلب (درصد)
۱۰۰ تا	۱۰۰ تا	۱۰۰ تا	۱۰۰ تا	۱۰۰ تا	۱۰۰ تا	۱۰۰ تا	آب (درصد)

¹ Total Catchup Score

² Rough Parallel Plate

³ Gap

تولید مورد آزمایش قرار گرفتند. برای تعیین بهترین مدل برازش داده شده بر داده های تجربی از R^2 (ضریب همبستگی) و S_d (انحراف معیار) و جهت معنی دار بودن داده های حاصل از آزمایشات از آزمون واریانس یک طرفه ANOVA استفاده شد. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون TUKEY'S در سطح $p < 0/05$ و نرم افزار MINITAB16 انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excell (۲۰۰۷) رسم شدند.

یافته ها

- pH و اسیدیته

اسیدیته نمونه های کچاپ در یک و سی روز پس از تولید به ترتیب در محدوده ۱/۸۰-۱/۹۲ و ۱/۷۸-۱/۸۶ بدون اختلاف معنی دار بوده است. pH نمونه های کچاپ در یک و سی روز پس از تولید به ترتیب در محدوده ۳/۸۸-۳/۹۳ و ۳/۸۱-۳/۸۵ بدون تفاوت معنی دار است (اعداد نشان داده نشده اند). pH و اسیدیته نمونه ها با استاندارد ملی ایران که حداکثر ۴ و ۲/۵ درصد (برحسب اسید استیک) به ترتیب می باشد، مطابقت دارد.

- پارامترهای رنگ

همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می شود، پارامترهای رنگ نمونه ها تفاوت معنی داری با هم دارند. میزان L^* در یک روز پس از تولید نمونه های حاوی ۰/۴۵ درصد CMC و ۰/۲۲ - ۰/۴۵ درصد CMC - ثعلب بطور معنی داری کمتر از سایر نمونه ها می باشد، بطوری که این پارامتر از ۲۳/۳۹ برای نمونه حاوی ۰/۴۵ درصد CMC به ۲۳/۱۰ برای نمونه حاوی ۰/۹ درصد ثعلب افزایش می یابد. با توجه به روشتر بودن محلول ۱ درصد ثعلب در آب ($L^*: ۳۷/۱$) نسبت به محلول ۱ درصد CMC در آب ($L^*: ۳۲/۵$)، با افزایش غلظت ثعلب در فرمولاسیون کچاپ روشنایی نمونه ها افزایش پیدا می کند. سی روز پس از تولید نیز روشنایی نمونه حاوی ۰/۴۵ درصد CMC با اغلب نمونه ها اختلاف معنی داری داشت و از ۲۱/۵۳ به ۲۲/۰۹ برای نمونه حاوی ۰/۲۲ - ۰/۴۵ درصد CMC - ثعلب افزایش یافت. روشنایی همه نمونه های کچاپ حاوی ثعلب پس از طی نگهداری سی روز کمتر از یک روز پس از تولید بوده که احتمالاً به دلیل تجزیه رنگدانه های موجود در سس

$$\eta_a = \eta_\infty + \frac{\eta_0 - \eta_\infty}{\left[1 + (\lambda_c \gamma)^2\right]^N} \quad [3]$$

η_0 = ویسکوزیته برشی صفر (پاسکال. ثانیه)،
 N = شاخص رفتار جریان کارو، λ_c = ثابت زمان (ثانیه)

- آزمون نوسانی

ابتدا آزمون روبش کرنش در محدوده کرنش ۰/۰۱ تا ۱۰۰ درصد و فرکانس ۶ راد بر ثانیه انجام شد. پس از تعیین کرنش در محدوده ویسکوالاستیک خطی، آزمون روبش فرکانس در محدوده فرکانس زاویه ای ۰/۰۶ - ۶۰ راد بر ثانیه انجام شد و مدول های ذخیره (G') و افت (G'') بدست آمده با قانون توان برازش شدند (Juszczak et al., 2013).

در این معادلات G' و G'' (پاسکال)، ω فرکانس زاویه ای (رادیان بر ثانیه)، k' و k'' ضرایب نسبی و n' و n'' اعداد هماهنگی می باشند.

$$G' = k' * \omega^{n'}$$

$$G'' = k'' * \omega^{n''}$$

- ریز ساختار

توسط میکروسکوپ نوری شرکت صنایع اپتیک صایران مدل DB2-180M مجهز به دوربین عکاسی، با بزرگنمایی X۴۰ از نمونه ها عکس گرفته شد و با استفاده از نرم افزار IMAGEJ2X عکسها آنالیز شده و فاصله بین ذرات بدست آمد (Bayod & Torenberg, 2011).

- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه ها توسط ده نفر ارزیاب حسی آموزش دیده، در یک و سی روز پس از تولید با استفاده از روش هدونیک پنج نقطه ای برای پارامترهای قوام، رنگ، مزه، بافت و پذیرش کلی انجام شد. امتیاز دهی به نمونه ها با انتخاب یکی از گزینه های بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب و بسیار خوب توسط داوران که به ترتیب از ۱ تا ۵ امتیاز داده شده بود انجام گرفت.

- تجزیه و تحلیل آماری

نمونه های سس کچاپ با سه تکرار در طرح آزمایشی کاملاً تصادفی فرموله شدند و بعد از یک و سی روز پس از

تا ۱۸/۶۷ اعلام کرد که میزان روشنایی و قرمزی نمونه‌های کچاپ تولیدی حاوی ثعلب با داده‌های گزارش شده توسط پورتا مطابقت دارد. در یک و سی روز پس از تولید نمونه‌های حاوی ۰/۰۹-۰/۷۲- CMC- ثعلب و ۰/۹ درصد ثعلب به ترتیب بهترین امتیاز رنگ را نسبت به سایر نمونه‌های کچاپ بدست آورده و اختلاف معنی‌داری با نمونه حاوی ۰/۴۵ درصد CMC داشتند که نشان دهنده تاثیر بهتر ثعلب نسبت به CMC بر روی رنگ کچاپ بوده است.

- سینرسیس

مطابق جدول ۲ نمونه حاوی ۰/۴۵ درصد CMC به طور معنی‌دار بیشترین مقدار سینرسیس را در بین نمونه‌ها در یک روز پس از تولید داشته و با افزایش غلظت ثعلب میزان سینرسیس کچاپ کاهش یافته است به طوری که نمونه حاوی ۰/۹ درصد ثعلب کمترین سینرسیس را دارد. سی روز پس از تولید، نمونه فاقد ثعلب به طور معنی‌داری بیشترین سینرسیس را نسبت به سایر نمونه‌های حاوی ثعلب دارد. با افزایش غلظت ثعلب سینرسیس بدون تفاوت معنی‌داری کاهش می‌یابد و در نمونه حاوی ۰/۹ درصد ثعلب به کمترین مقدار می‌رسد. حفظ پایداری خوب ثعلب در شرایط اسیدی با گذشت زمان (عباسی و فروغی نیا، ۱۳۸۸) و همچنین قابلیت جذب و بالا بودن ظرفیت نگهداری آب توسط ثعلب عامل کاهش سینرسیس نمونه‌های حاوی ثعلب نسبت به نمونه حاوی ۰/۴۵ درصد

کچاپ می‌باشد. Ayar و همکاران در سال ۲۰۰۹ نیز تیره شدن نمونه‌های دسر ترکی حاوی ثعلب را پس از مدت زمان نگهداری گزارش کردند. با توجه به قرمزتر بودن محلول ۱ درصد ثعلب (a^* : ۰/۵) نسبت به محلول ۱ درصد CMC (a^* : ۰/۱) نمونه حاوی ۰/۹ درصد ثعلب بیشترین قرمزی با مقدار ۳۱/۰۸ را با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر نمونه‌ها در یک روز پس از تولید دارد. بعد از سی روز پس از تولید نیز همچنان نمونه حاوی ۰/۹ درصد ثعلب با مقدار ۲۹/۵۳ با اختلاف معنی‌دار قرمزتر از نمونه حاوی ۰/۴۵ درصد CMC با مقدار ۲۹/۱۰ می‌باشد. میزان قرمزی نمونه‌های کچاپ حاوی نسبت‌های مختلف ثعلب در سی روز پس از تولید نسبت به یک روز پس از تولید کاهش پیدا می‌کند که احتمالاً به دلیل هیدرولیز رنگدانه‌های موجود در کچاپ می‌باشد. محلول ۱ درصد ثعلب (b^* : ۱/۲۴) نسبت به محلول ۱ درصد CMC (b^* : ۱/۷۴) زردی کمتری داشته ولی تفاوت معنی‌داری بین زردی بیشتر نمونه‌ها در بازه یک روز پس از تولید مشاهده نمی‌شود. نمونه حاوی ۰/۹ درصد ثعلب در سی روز پس از تولید میزان زردی کمتری نسبت به نمونه حاوی ۰/۴۵ درصد CMC داشته است. میزان زردی نمونه‌ها با گذشت زمان کاهش پیدا می‌کند که این روند در نمونه‌های دسر ترکی حاوی ثعلب توسط Ayar و همکاران در سال ۲۰۰۹ گزارش شده بود. Pretta در سال ۱۹۹۲، رنگ ۱۸ محصول تجاری سس کچاپ را مورد بررسی قرار داد و میزان L^* نمونه‌های کچاپ را ۲۰/۰۸ تا ۲۳/۶۵، میزان a^* را ۲۴/۵۳ تا ۳۱/۳۳ و میزان b^* را ۱۱/۲۶

جدول ۲- نتایج پارامترهای رنگ و میزان سینرسیس نمونه های کچاپ

بازه زمانی (روز)	TC	TS ₁	TS ₂	TS ₃	TS ₄	TS ₅	TS ₆
۱	۲۲/۳۹±۰/۰۵ ^d	۲۲/۶۹±۰/۰۳ ^c	۲۲/۷۲±۰/۰۰ ^{bc}	۲۲/۲۷±۰/۱۱ ^d	۲۲/۸۵±۰/۰۲ ^b	۲۲/۷۰±۰/۰۳ ^c	۲۲/۱۰±۰/۰۱ ^a
۳۰	۲۱/۵۳±۰/۰۲ ^d	۲۱/۷۶±۰/۱۰ ^{bc}	۲۱/۷۵±۰/۰۸ ^{bc}	۲۱/۶۳±۰/۱۴ ^{cd}	۲۱/۶۵±۰/۰۳ ^{cd}	۲۱/۹۵±۰/۰۳ ^{ab}	۲۲/۰۹±۰/۰۱ ^a
۱	۳۰/۳۹±۰/۱۳ ^b	۳۰/۴۵±۰/۰۱ ^b	۲۹/۹۲±۰/۱۳ ^c	۲۹/۸۲±۰/۰۶ ^{cd}	۳۰/۳۳±۰/۰۵ ^b	۲۹/۶۶±۰/۰۶ ^d	۳۱/۰۸±۰/۰۳ ^a
۳۰	۲۹/۱۰±۰/۱۲ ^b	۲۸/۷۵±۰/۱۱ ^{cd}	۲۸/۶۳±۰/۰۶ ^d	۲۸/۹۲±۰/۰۷ ^{bc}	۲۸/۷۳±۰/۰۶ ^{cd}	۲۹/۱۶±۰/۱۶ ^b	۲۹/۵۳±۰/۰۶ ^a
۱	۲۹/۱۴±۰/۳۳ ^a	۲۹/۱۲±۰/۱۹ ^a	۲۸/۵۱±۰/۱۵ ^a	۲۸/۹۶±۰/۵۱ ^a	۲۸/۵۲±۰/۱۳ ^a	۲۷/۳۳±۰/۴۱ ^{cb}	۲۹/۳۴±۰/۱۳ ^a
۳۰	۲۹/۰۶±۰/۲۵ ^{abc}	۲۹/۱۳±۰/۱۱ ^{ab}	۲۸/۳۶±۰/۲۵ ^{cd}	۲۹/۵۳±۰/۲۴ ^a	۲۸/۴۳±۰/۰۴ ^{bcd}	۲۸/۸۸±۰/۴۹ ^{abc}	۲۸/۰۴±۰/۰۳ ^d
۱	۵/۲۳±۰/۳۶ ^{bc}	۵/۲۲±۰/۲۳ ^{bc}	۶/۱۳±۰/۱۴ ^b	۵/۶۲±۰/۱۶ ^c	۵/۹۹±۰/۱۳ ^b	۷/۶۰±۰/۵۰ ^a	۴/۶۴±۰/۱۸ ^c
۳۰	۵/۶۰±۰/۳۰ ^{bcd}	۵/۵۰±۰/۱۳ ^{cd}	۶/۴۱±۰/۳۰ ^{ab}	۵/۰۴±۰/۲۹ ^d	۶/۳۴±۰/۰۴ ^{abc}	۵/۸۱±۰/۱۶ ^{bcd}	۶/۷۷±۰/۰۳ ^a
۱	۳/۹۱±۰/۴۴ ^a	۰/۸۷±۰/۳۰ ^b	۰/۴۲±۰/۱۰ ^{bc}	۰/۲۶±۰/۱۱ ^{bc}	۰/۷۵±۰/۳۹ ^{bc}	۰/۰۲±۰/۰۳ ^c	۰/۱۲±۰/۱۱ ^c
۳۰	۱/۹۷±۱/۰ ^a	۰/۶۲±۰/۲۶ ^b	۰/۲۷±۰/۱۵ ^b	۰/۲۲±۰/۰۷ ^b	۰/۲۴±۰/۱۵ ^b	۰/۱۲±۰/۱۱ ^b	۰/۰۲±۰/۰۴ ^b

* میانگین ± انحراف معیار تیمارهای دارای حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی داری با یکدیگر دارند ($P < 0.05$).

گرفته شده (Rao, 2007) و در جدول نشان داده نشده است. N نمونه حاوی ۰/۴۵ درصد CMC، ۰/۴۵ بوده که نشان می‌دهد، CMC به تنهایی، تاثیر بیشتری بر روی رفتار سودوپلاستیک کچاپ دارد و با افزایش غلظت ثعلب شدت رفتار سودوپلاستیک کچاپ کاهش پیدا می‌کند. Bayod و همکاران، ۲۰۰۸، N نمونه‌های کچاپ را در محدوده ۰/۴۱-۰/۴۳ گزارش کردند که مطابق نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌باشد. Ozdemir و Sahin، ۲۰۰۴، Koocheki و همکاران، ۲۰۰۹ و Juszcak و همکاران ۲۰۱۳ تشدید رفتار سودوپلاستیک کچاپ با افزودن هیدروکلوئیدهای مختلف را گزارش نموده‌اند. ویسکوزیته برشی صفر (η_0) کچاپ، با کاهش غلظت CMC در نمونه‌ها، تا نمونه حاوی ۰/۱۸-۰/۵۴ درصد CMC- ثعلب کاهش پیدا می‌کند و سپس در نمونه حاوی ۰/۰۹-۰/۷۲ درصد CMC - ثعلب به بالاترین میزان می‌رسد که دلیل آن احتمالاً، تاثیر سینرژیستی سلولز و گلوکومانان موجود در ثعلب در غلظت فوق می‌باشد.

CMC در یک و سی روز پس از تولید می‌باشد. Ayar و همکاران در سال ۲۰۰۹ نیز نشان دادند با افزودن ثعلب به نمونه‌های دسر ترکی طی افزایش زمان نگهداری میزان ظرفیت نگهداری آب در نمونه‌ها افزایش می‌یابد. Gujral و همکاران در سال ۲۰۰۲ میزان سینرسیس نمونه‌های کچاپ حاوی ۰/۵ درصد CMC در ساتریفوژی با دور ۵۰۰۰rpm، پس از یک روز، صفر و پس از سی روز نزدیک به یک درصد اعلام نمودند. یوسفی و همکاران در سال ۱۳۸۷ روند کاهش میزان سینرسیس را برای نمونه‌های کچاپ حاوی ۰/۵ درصد CMC از ۱/۶ درصد به ۰/۱۷ درصد در بازه زمانی یک تا شصت روز گزارش نموده‌اند.

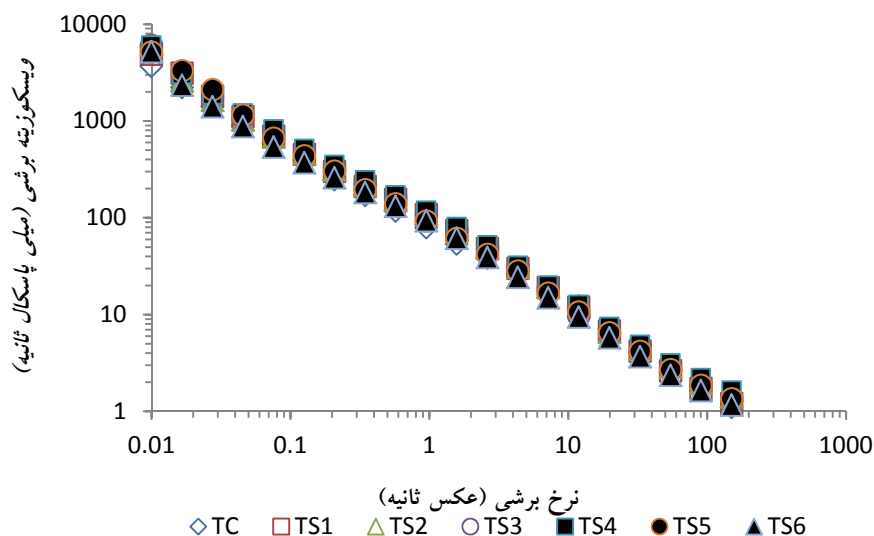
- ویژگی‌های رفتار جریان

نتایج حاصل از آزمون رفتار جریان (نمودار ۱) که با مدل کارو برازش یافته در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به اینکه دیسپرسیون‌های غذایی، ویسکوزیته برشی بی‌نهایت (η_∞) خیلی کمی دارند برای جلوگیری از ایجاد خطا در دیگر پارامترهای رئولوژیکی، این پارامتر نادیده

جدول ۳- پارامترهای مدل کارو برازش یافته با آزمون رفتار جریان نمونه‌های کچاپ

نمونه‌ها	N	η_0 (Pa/s)	λ_{CS}	R^2
TC	۰/۴۵ ± ۰/۰۰ ^a	۱۲۰۷/۸۵ ± ۱۱/۱۰ ^c	۱۹۱/۴۵ ± ۰/۰۰ ^a	۰/۹۹۷
TS ₁	۰/۳۹ ± ۰/۰۰ ^d	۱۱۴۱/۶۵ ± ۱۱/۸۱ ^d	۲۲/۰۰ ± ۰/۰۰ ^c	۰/۹۹۴
TS ₂	۰/۴۰ ± ۰/۰۰ ^{cd}	۱۰۱۲/۳۵ ± ۵/۱۶ ^e	۱۸/۱۳ ± ۰/۱۸ ^e	۰/۹۹۵
TS ₃	۰/۴۲ ± ۰/۰۰ ^b	۹۱۲/۱۳ ± ۴/۰۷ ^f	۱۳/۱۹ ± ۰/۰۵ ^f	۰/۹۸۹
TS ₄	۰/۴۱ ± ۰/۰۰ ^{bc}	۶۴۶/۵۱ ± ۴/۹۴ ^g	۱۱/۸۶ ± ۰/۱۹ ^g	۰/۹۹۰
TS ₅	۰/۴۱ ± ۰/۰۰ ^{bc}	۱۳۱۵/۰۵ ± ۷/۱۴ ^a	۲۱/۱۸ ± ۰/۲۵ ^d	۰/۹۹۳
TS ₆	۰/۴۰ ± ۰/۰۰ ^{cd}	۱۲۴۲/۲۰ ± ۳/۹۶ ^b	۲۶/۰۲ ± ۰/۱۰ ^b	۰/۹۹۸

* میانگین ± انحراف معیار تیمارهای دارای حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی داری با یکدیگر دارند ($P < 0.05$).



نمودار ۱- روند تغییرات ویسکوزیته برشی برای نمونه‌های کچاپ در مقابل نرخ برشی

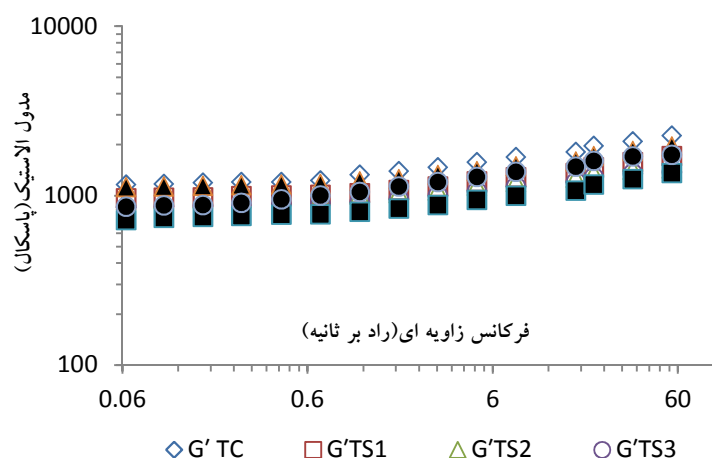
- ویژگی‌های ویسکوالاستیک

همانطور که در نمودارهای ۲ و ۳ نمایش داده شده است، در تمام محدوده فرکانس زاویه‌ای اعمال شده در نمونه‌های مورد بررسی، مدول ذخیره (G') بالاتر از مدول افت (G'') بوده که نشان می‌دهد، رفتار جامد الاستیک بر رفتار ویسکوز غالب است، هم چنین با توجه به اینکه روند تغییرات مدول ذخیره و افت نمونه‌ها وابسته به فرکانس می‌باشد، در طبقه‌بندی نمونه‌ها به عنوان ژل ضعیف، توسط این نتایج تایید می‌گردد. Sharoba و همکاران در سال ۲۰۰۵ و Juszcak و همکاران در سال ۲۰۱۳ فاکتور افت نمونه‌های کچاپ را به ترتیب در محدوده ۰/۱۶-۰/۳ و ۰/۱۴-۰/۳۷ گزارش کردند که مطابق نتایج این پژوهش می‌باشد. برای توصیف ویژگی‌های ویسکوالاستیک کچاپ از مدل قانون توان استفاده شد که مقادیر هر یک از پارامترهای این مدل در جدول ۴ نمایش داده شده‌اند. پارامتر k' در محدوده بین ۱۳۴۲/۷۰ pa برای نمونه حاوی ۰/۴۵ درصد CMC و ۸۱۹/۴۰ pa برای نمونه حاوی ۰/۱۸-۰/۵۴ درصد CMC-ثعلب می‌باشد. کمتر بودن مقدار k' نمونه حاوی ۰/۱۸-۰/۵۴ درصد CMC-ثعلب با حداقل مقادیر ویسکوزیته برشی صفر (η_0) و ثابت زمان (λ_c) این نمونه مطابقت دارد. نمونه‌های حاوی ۰/۴۵ درصد CMC و ۰/۰۹-۰/۷۲ درصد CMC - ثعلب با داشتن بیشترین مقدار k' و کمترین مقدار n ، بیشترین پایداری سوسپانسیون و قدرت تشکیل شبکه ژلی را در کچاپ از خود نشان داده‌اند. پارامتر n' نمونه‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارد. تفاوت نسبی مقادیر n' و n'' در تمامی نمونه‌های کچاپ نیز بیان کننده تفاوت روند افزایش مدول الاستیک و

ویسکوز با افزایش فرکانس می‌باشد که این روند متفاوت در نمودارهای ۲ و ۳ کاملاً مشهود است. Juszcak و همکاران در سال ۲۰۱۲، k' و n' را برای نمونه‌های کچاپ حاوی نشاسته اصلاح‌شده مختلف، به ترتیب ۲۸۷/۶۹-۶۹۱/۹۳ و ۰/۱۵-۰/۱۰ و k'' و n'' را به ترتیب ۱۰۷/۶۶-۵۴/۶۸ و ۰/۲۷-۰/۲۲ گزارش کردند. Sharoba و همکاران در سال ۲۰۰۵، k' و n' را برای نمونه‌های کچاپ تجاری مختلف به ترتیب ۱۰۰/۱۴-۴۷۶/۳ و ۰/۸۳۵-۰/۱۸۱ و k'' و n'' را به ترتیب ۱۶/۷۰۱-۸۹/۵۲۱ و ۰/۲۲۱-۰/۳۴۳ اعلام کرده‌اند.

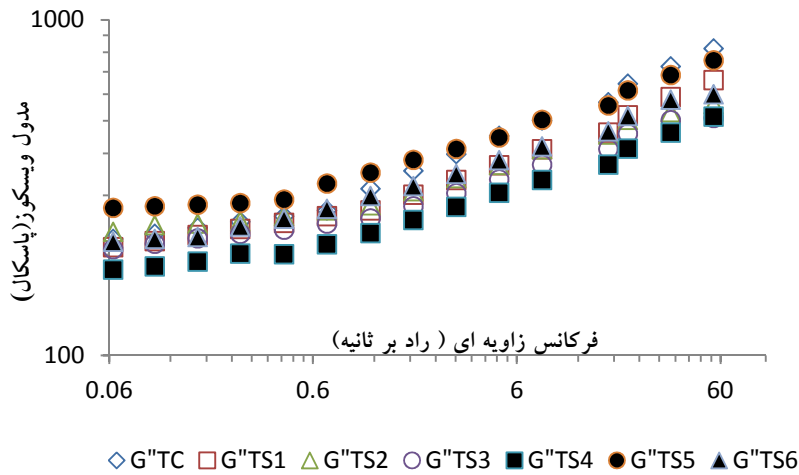
- ریزساختار

میانگین اندازه حفره‌ها یا فاصله بین ذرات که نشانگر تخلخل بین شبکه ایجاد شده در کچاپ می‌باشد در جدول ۵ آورده شده است. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است فاصله بین ذرات در شبکه با توجه به تغییر نسبت غلظت دو صمغ تغییر می‌کند. نمونه حاوی ۰/۷۲-۰/۰۹ درصد CMC-ثعلب کمترین میزان فاصله بین ذرات را داشته که مطابق با حداکثر ویسکوزیته برشی صفر (η_0) و حداقل میزان سینرسیس می‌باشد. مخلوط صمغ‌های ثعلب و CMC در غلظت‌های ۰/۷۲ و ۰/۰۹ درصد به ترتیب، نسبت به حضور CMC به تنهایی در غلظت ۰/۴۵ درصد، تاثیر مطلوبتری بر کاهش فاصله ذرات موجود در شبکه ایجاد شده در کچاپ دارد. اثر سینرژیستی بین ثعلب و CMC برای کنار هم نگه‌داشتن اجزاء شبکه در فاز پیوسته کچاپ، به ترتیب در سطوح ۰/۷۲ و ۰/۰۹ درصد دیده می‌شود.



نمودار ۲ - روند تغییرات مدول ذخیره نمونه‌های کچاپ در مقابل فرکانس

بررسی تاثیر هیدروکلوئیدها بر روی خواص کیفی سس کچاپ



نمودار ۳- روند تغییرات مدول افت نمونه های کچاپ در مقابل فرکانس

جدول ۴- پارامترهای مدل توان برازش یافته با مدول ذخیره و افت نمونه های کچاپ

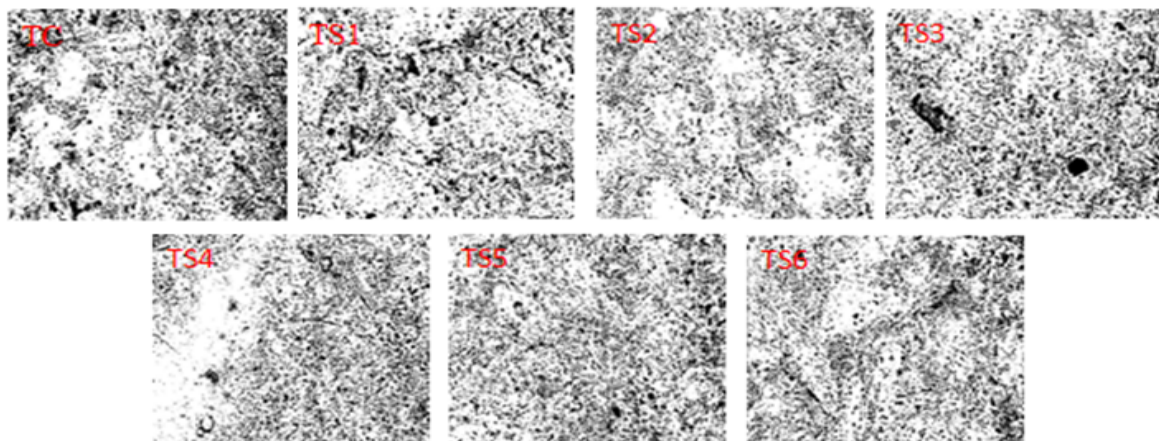
نمونه	n'	k'	γ_R	n''	k''	γ_R
TC	0.115 ± 0.007^a	$1342/70 \pm 0.99^a$	0.979	0.224 ± 0.002^a	$323/0.4 \pm 4/3.0^a$	0.987
TS ₁	0.115 ± 0.021^a	$1061/35 \pm 1.91^c$	0.961	0.211 ± 0.004^b	$272/72 \pm 3/0.7^c$	0.989
TS ₂	0.090 ± 0.014^a	$1025/95 \pm 1.48^d$	0.957	0.180 ± 0.003^c	$291/94 \pm 1/5.1^b$	0.985
TS ₃	0.095 ± 0.007^a	$948/0.2 \pm 8/46^e$	0.962	0.184 ± 0.001^c	$258/17 \pm 3/23^{cd}$	0.987
TS ₄	0.115 ± 0.007^a	$819/40 \pm 2/26^f$	0.964	0.182 ± 0.003^c	$240/80 \pm 7/0.8^f$	0.984
TS ₅	0.105 ± 0.007^a	$1237/30 \pm 2/83^b$	0.964	0.182 ± 0.001^c	$253/89 \pm 1/4.1^e$	0.989
TS ₆	0.125 ± 0.007^a	$1063/60 \pm 4/24^c$	0.982	0.186 ± 0.003^c	$296/61 \pm 1/33^b$	0.989

* میانگین \pm انحراف معیار تیمارهای دارای حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی داری با یکدیگر دارند ($P < 0.05$).

جدول ۵ - میانگین فاصله بین ذرات نمونه های کچاپ

نمونه ها	متوسط اندازه حفره (μm)
TC	$162/66 \pm 0.55^{bc}$
TS ₁	$189/01 \pm 1/94^{ab}$
TS ₂	$115/11 \pm 35/12^{cd}$
TS ₃	$204/24 \pm 17/49^{ab}$
TS ₄	$239/01 \pm 7/84^a$
TS ₅	$95/15 \pm 18/76^d$
TS ₆	$109/48 \pm 29/96^{cd}$

* میانگین \pm انحراف معیار تیمارهای دارای حروف متفاوت اختلاف معنی داری با یکدیگر دارند ($P < 0.05$).



شکل ۱- تصاویر میکروسکوپ نوری نمونه های کچاپ حاوی غلظت های مختلف ثعلب و کریوکسی متیل سلولز با بزرگنمایی $40 \times$

– ارزیابی حسی

هیچگونه اختلاف معنی‌داری بین نمونه حاوی ۰/۴۵ درصد CMC و نمونه‌های حاوی ثعلب از نظر رنگ، طعم، بافت، قوام و پذیرش کلی وجود نداشت و همه نمونه‌ها از امتیازات قابل قبول در ارزیابی حسی توسط ارزیاب‌ها برخوردار بوده‌اند (اعداد نشان داده نشده‌اند).

بحث

با جایگزینی CMC با ثعلب، رنگ نمونه‌های کچاپ بهبود یافت. همچنین میزان سینرسیس کچاپ در هر دو بازه زمانی کاهش پیدا کرد که دلیل آن جذب سریع آب توسط ثعلب و پایداری خوب آن در شرایط اسیدی با گذشت زمان است (عباسی و فروغی نیا، ۱۳۸۸). Stoforos و Ried ۱۹۹۲، سینرسیس نمونه‌های کچاپ را ۳۴/۶ تا ۴۳/۳ درصد، Sahin و Ozdemir ۲۰۰۷، سینرسیس نمونه‌های کچاپ حاوی CMC را ۱۷/۴۲ تا ۳۵/۶۲ گزارش کردند. در این پژوهش، میزان سینرسیس در محدوده ۰/۰۲-۳/۹۱ قرار گرفت که نشان می‌دهد ثعلب به تنهایی در غلظت ۰/۹ درصد و در ترکیب با CMC (۰/۷۲-۰/۰۹ درصد CMC-ثعلب) تاثیر بسیار مطلوبی بر روی کاهش سینرسیس کچاپ دارد. CMC به تنهایی بیشترین تاثیر بر رفتار سودوپلاستیک کچاپ داشته و با افزایش غلظت ثعلب شدت رفتار سودوپلاستیک کاهش پیدا می‌کند، ولی مقادیر شاخص رفتار نمونه‌ها، مطابق N نمونه‌های کچاپ باید و همکاران در سال ۲۰۰۸ می‌باشد. ویسکوزیته برشی صفر (η_0) در نمونه حاوی ۰/۰۹-۰/۷۲ درصد CMC-ثعلب به بالاترین میزان می‌رسد که احتمالاً نشانه تاثیر سینرژیستی بین CMC و گلوکومانان موجود در ثعلب بوده و با ایجاد شبکه منسجم و پیوسته و انتقال مولکول‌های آزاد متحرک موجود در سوسپانسیون به شبکه ایجاد شده، سبب افزایش قوام سوسپانسیون می‌شوند. بالاتر بودن مدول ذخیره نمونه‌ها از مدول افت و همچنین، افزایش مقدار این مدول‌ها با افزایش فرکانس تایید کننده رفتار الاستیک شبه ژل همه نمونه‌ها می‌باشد. کمترین فاصله بین ذرات در نمونه حاوی ۰/۰۹-۰/۷۲ درصد CMC-ثعلب مشاهده شده، که نشان دهنده تاثیر مطلوب‌تر کاربرد ثعلب همراه با CMC بر کاهش فاصله ذرات موجود در شبکه ایجاد شده در کچاپ می‌باشد. قوام،

رنگ، مزه، بافت و پذیرش کلی نمونه‌های حاوی ثعلب در ارزیابی حسی همانند نمونه حاوی CMC قابل قبول بوده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از آزمون رنگ سنجی، ثعلب در تمام پارامترهای مورد ارزیابی تاثیر بهتری نسبت به CMC بر روی کچاپ داشته است. کمترین میزان سینرسیس مربوط به نمونه‌های حاوی ۰/۰۹-۰/۷۲ درصد CMC-ثعلب و ۰/۹ درصد ثعلب بوده است. CMC تاثیر بیشتری نسبت به ثعلب بر روی رفتار سودوپلاستیک کچاپ داشته است. نمونه‌های حاوی ۰/۴۵ درصد CMC و ۰/۰۹-۰/۷۲ درصد CMC-ثعلب با داشتن بیشترین مقدار k' و کمترین مقدار n ، بالاترین سطح پایداری و قدرت شبکه ژلی را در سوسپانسیون نمونه‌های کچاپ داشته، که عملاً این پدیده در نمونه فاقد CMC، علیرغم بالاترین حضور مقدار ثعلب در آن مشاهده نمی‌شود که می‌تواند تاییدی بر اثر سینرژیستی میان ثعلب و CMC در غلظت فوق می‌باشد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که ثعلب همانند CMC تاثیر مثبت و مشابهی بر خواص حسی سس کچاپ داشته است.

منابع

عباسی، س. و فروغی نیا، س. (۱۳۸۶). اثر برخی عوامل فیزیکی و شیمیایی بر رفتار جریان محلول ثعلب. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، ۳۶۵-۳۷۱.

یوسفی، م.، میزانی، م.، رسولی، س.، علیمی، م. و گرامی، ع. (۱۳۸۹). تاثیر غلظت‌های مختلف خردل بر روی اندازه ذره و سینرسیس سس کچاپ. علوم غذایی و تغذیه، سال هفتم، شماره چهارم، ۴۸-۵۹.

Ayar, A., Sert, D. & Akbulut, M. (2009). Effect of salep as a hydrocolloid on storage stability of 'Incir Uytması' dessert, Food Hydrocolloids, 23, 62-71.

Barrett, D. M. & Anthon, G. E. (2008). Color Quality of Tomato Products. In: Culver, C. A. and Wrolstad, R. E. Color Quality of Fresh and Processed Foods. American Chemical Society. Division of Agricultural and Food Chemistry, Inc, 131-139.

- Bayod, E., Willers, E. P. & Torenberg, E. (2008). Rheological and structural characterization of tomato paste and its influence on quality of ketchup. *LWT- Food Science and Technology*, 41, 1289-1300.
- Bayod, E. & Tornberg, E. (2011). Microstructure of highly concentrated tomato suspensions on homogenisation and subsequent shearing. *Food Research International*, 44, 755-764.
- Benchabane, A. & Bekkour, K. (2008). Rheological properties of carboxymethyl cellulose (CMC) solutions. *Colloid polym sci*, 286, 1173-1180.
- Cash, M. J. & Caputo, S. J. (2010). Cellulose derivatives. In: Imson, A (Ed), *Food stabilizers, thickeners and Gelling agents*, Blackwell Publishing Ltd. 95-115.
- Citil, O. B. & Tekinsen, K. K. (2011). A comparative study on fatty-acid composition of salep obtained from some *orchidaceae* species. *chemistry of natural compounds*, 46, 943-945.
- Farhoosh, R. & Riazi, A. (2007). A compositional study on two current types of salep in Iran and their rheological properties as a function of concentration and temperature. *Food Hydrocolloids*, 21, 261-265.
- Ghannam, M. T. & Esmail, M. N. (1996). *Rheological properties of carboxymethyl cellulose.*, John Wiley and Sons, Inc.
- Gujral, H. S., Sharma, A. & Singh, N. (2002). Effect of hydrocolloids, storage temperature, and duration on consistency of tomato ketchup. *International Journal of food properties*, 5, 179-191.
- Juszczak, L., Oczadły, Z. & Gałkowska, D. (2013). Effect of Modified Starches on Rheological Properties of Ketchup. *Food Bioprocess Technology*, 6, 1251-1260.
- Kaya, A. & Belibagli, K. B. (2002). Rheology of solid Gaziantep Pekmez. *Journal of Food Eng.*, 54, 221-226.
- Kaya, S. & Tekin, A. R. (2001). The effect of Salep content on the rheological Characteristics of a typical ice-cream mix. *Journal of food engineering*, 47, 59-62.
- Kayacier, A. & Dogan, M. (2006). Rheological properties of some gums-salep mixed solutions. *Journal of Food Engineering*, 72, 261-265.
- Koocheki, A., Ghandi, A., Mortazavi, S. 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.
- Murray, J. C. F. (2000). Cellulosics. In: Phillips, G. O., Williams, P. A (Eds), *Handbook of hydrocolloids*, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 219-246.
- Porretta, S. (1991). Analytical profiling of ketchup. *Journal of science food agriculture*, 57, 293-301.
- Sahin, H. & Ozdemir, F. (2007). Effect of some hydrocolloids on the serum separation of different formulated ketchups. *Journal of food engineering*, 81, 437-446.
- Sahin, H. & Ozdemir, F. (2004). Effect of some hydrocolloids on the rheological properties of different formulated ketchups. *Food Hydrocolloids*, 18, 1015-1022.
- Sharoba, A. M., Senge, B., El-Mansy, A., Bahlol, H. E. & Blochwitz, R. (2005). Chemical, sensory and rheological properties of some commercial German and Egyptian tomato ketchups. *Eur Food Res Technol.*, 220, 142-151.
- Stoforos, N. G. & Ried, D. S. (1992). Factors influencing serum separation of tomato ketchup. *Journal of food science*, 57, 707-713.
- Sworn, G. (2004). Hydrocolloid thickeners and their applications. In: Philips GO, Williams PA (eds) *Gums and Stabilizers for the Food Industry*, vol12. RSC Publishing, Oxford, pp 13-22.
- Tanglertpaibul, T. & Rao, M. A. (1987). Flow Properties of Tomato Concentrates: Effect of Serum Viscosity and Pulp Content. *Journal of Food Science*, 52, 318-321.
- Tekinsen, K. K. & Guner, A. (2010). Chemical composition and physicochemical Properties of tuber salep produced from some *orchidaceae* species. *Food Chemistry*, 121, 468-471.
- USDA. (2008). *Tomato Products Spectrophotometer Studies*. United States Department of Agriculture. Weshington, D.C.