بررسی خصوصیات رئولوژیکی سس کچاپ حاوی عصاره هیدروکلوئیدی گیاه چوبک

فاطمه حسینی طباطبایی[1*]، حجت کاراژیان[2]، رضا کاراژیان[3]

۱- دانش آموخته ی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تربت حیدریه، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران.

۳- عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۴

چکیده

سس گوجه فرنگی یک محصول سوسپانسیون ناهمگن از رب گوجه فرنگی و یا گوجه‌فرنگی تازه و اضافه کردن مواد افزودنی نظیر انواع ادویه‌ها به روش حرارتی تهیه می‌شود؛ به همین دلیل کنترل جداسازی فاز در آن اهمیت زیادی دارد. خواص جریانی، توزیع یکنواخت ذرات و پایداری فیزیکی از مهمترین ویژگی‌های یک امولسیون به شمار می‌رود که افزودن هیدروکلوئید به سس کچاپ می‌تواند علاوه بر افزایش ویسکوزیته آن، میزان جدا شدن سرم را کاهش دهد. ریشه گیاه چوبک منبعی سرشار از ترکیبات ساپونینی است که نقش امولسیون کنندگی و ایجاد کف پایدار و همچنین ویژگی های دارویی از جمله ضد زخم معده و سرفه دارد. در این پژوهش از عصاره گیاه چوبک در سه سطح غلظت(۰/۵، ۱ و ۱/۵درصدوزنی/وزنی) استفاده شد. خصوصیات رئولوژیکی نمونه های حاوی عصاره و نمونه کنترل توسط مدلهای مشهور رئولوژیکی (بینگهام، هرشل بالکلی، کاسون و قانون توان) و با استفاده از قوام سنج بوستویک و ویسکومتر بروکفیلد مورد برازش قرار گرفت. افزودن این ترکیب هیدروکلوئیدی به فرمولاسیون سس کچاپ در غلظت های مذکور و گذشت زمان تاثیر معنی داری بر قوام نمونه ها داشت ($P<0/05$) و باعث بهبود خصوصیات بافتی و کیفی سس کچاپ شد. همچنین با در نظر گیری بالا ترین ضریب تبیین؛ مناسبترین مدل برای پیشگویی رفتار جریان تمام نمونه ها مدل رئولوژیکی بینگهام است.

واژه های کلیدی : سس کچاپ، عصاره چوبک، ویسکوزیته، رفتار جریانی، قوام.

*مسوول مکاتبات: f.hoseinitabatabaie@gmail.com

۱-مقدمه:

گوجه فرنگی یکی از مهمترین سبزیجات است و عمدتاً به صورت محصولات فرآوری شده مانند رب گوجه فرنگی، کنسانتره، سس کچاپ طرفداران فراوانی دارد. سس کچاپ یک محصول ناهمگن به همراه مواد طعم دهنده مانند ادویه ها است که از گوجه فرنگی های استخراج شده به روش گرم و یا سرد و یا به طور مستقیم از پوره گوجه فرنگی تهیه می‌شود (۱۳). ویسکوزیته سس کچاپ یکی از خواص مهم مورد توجه مهندسان برای طراحی فرایند تولید و نیز از پارامترهای کیفی مهم در پذیرش مشتری می‌باشد (۲۶). خواص رئولوژیکی برای طراحی واحدهای عملیاتی مختلف (پمپ کردن، مخلوط کردن و حرارت دادن) و اطمینان از پذیرش مشتری (محصولات با قوام پایین اغلب به عنوان محصولات غیرقابل پذیرش هستند و یا با قیمت ارزان در بازار فروخته می‌شوند) اهمیت دارند. سس کچاپ ویسکوزیته خود را به صورت طبیعی از ترکیبات پکتیکی موجود در گوجه فرنگی به دست می‌آورد، اما واریته های گوجه فرنگی با میزان پکتین کمتر منجر به تولید محصولات با قوام کمتر می‌شوند. علاوه بر این فاکتورهای دیگری مانند تخریب آنزیمی، برهمکنش پکتین و پروتئینها، میزان پالپ، فرایند هموژنیزاسیون و غلظت، میزان قوام محصولات گوجه فرنگی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. نتایج تحقیقات نشان داده است که امکان نگهداری قوام سس کچاپ در حد مطلوب، از طریق افزودن پلی ساکاریدهایی مانند نشاسته و صمغها وجود دارد (۱۱). قوام یا ویسکوزیته کچاپ مهمترین ویژگی از دیدگاه مهندسی و مصرف کنندگان است(۲۱).

چوبک نام عمومی تعدادی از گیاهان از خانواده میخک (*Caryophyllacea*) است. طبع گیاه چوبک گرم و خشک است درختچه ای کوچک است. تعداد از آنها که به صورت درختچه و دارای ریشه ضخیمی هستند و بیشتر در ایران می‌رویند از جنس آکانتوفیلوم (*Acanthophyllum*) و تعدادی دیگر که یکساله و چند ساله ولی علفی می با شند از جنس ساپوناریا (*Saponaria* هستند که بیشتر در اروپا می‌رویند و گاهی در ایران نیز دیده می‌شوند. در صنعت مواد غذایی، ساپونین ها و عصاره های ساپونینی با منشا گیاهی کاربرد های متنوعی دارند . از جمله در ایران و ترکیه در تهیه برخی حلوا های سنتی و صنعتی از عصاره چوبک و سایر گیاهان مشابه آن به عنوان یک امولسیفایر استفاده می گردد (۸).

در مطالعه‌ای که جوسزاک و همکاران (۲۰۱۳)[۱] انجام دادند؛ تاثیر نشاسته اصلاح شده تجاری با منشاء های مختلف را بر روی ویژگی های رئولوژیکی سس کچاپ مورد بررسی قرار دادند. نشاسته ها شامل نشاسته سیب زمینی، ذرت مومی[۲] و کاساوا بودند. نتایج نشان داد که سس های تولید شده دارای رفتار رقیق شونده با برش بودند و در برخی موارد تمایل به تنش تسلیم هم در آنها دیده می شد.

طبیب لقمانی و احساندوست (۲۰۱۳) اثر صمغ دانه بزرک به عنوان هیدروکلوئید طبیعی را بر روی رفتار رئولوژیکی، آب اندازی و شاخص جریان سس کچاپ مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که صمغ فوق باعث کاهش آب اندازی در سس کچاپ و افزایش غلظت آن شد و این صمغ قابلیت استفاده از نظر تجاری و کیفی را در فرمولاسیون سس کچاپ دارد.

کوچکی و همکاران (۲۰۰۹) تاثیر صمغ های زانتان و کربوکسی متیل سلولز را بر روی ویژگی های رئولوژیکی سس کچاپ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تمامی نمونه ها دارای رفتار غیر نیوتنی بودند و مدل های

[۱] Juszczac, 2013
[۲] Waxy corn

قانون توان و هرشل باکلی به خوبی بر روی داده های تنش برشی و نرخ برش در آنها صدق کرد.

ال- دسوکی (۲۰۰۹)[۱] تاثیر افزودن نشاسته در غلظت های ۰، ۱، ۲ و ۳ درصد و پکتین در غلظت های ۰/۵ و ۱ درصد را در سس کچاپ مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که هر دو هیدروکلوئید قوام سس را افزایش دادند. با افزایش زمان نگهداری ویسکوزیته سس کاهش یافت. با افزایش غلظت هیدروکلوئیدها آب اندازی سس کاهش یافته ولی این پارامتر در طی زمان نگهداری افزایش یافت. نتایج حسی نشانگر مقبولیت سس های تولیدی در زمان تولید و پس از دوره نگهداری بود.

ساهین و ازدمیر (۲۰۰۴)[۲] تأثیر پنج صمغ کتیرا، گوار، کربوکسی متیل سلولز، زانتان و صمغ دانه خرنوب[۳] در غلظتهای ۰، ۰/۵ و ۱ درصد (وزنی/ وزنی) بر خواص رئولوژیکی سس های کچاپ با فرمولاسیون های مختلف را بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که همه هیدروکلوئیدها قوام نمونه های سس را افزایش دادند. بر اساس این مطالعه گوار بیشترین تأثیر را داشت و پس از آن، صمغ دانه خرنوب، زانتان، کتیرا و سپس کربوکسی متیل سلولز قرار گرفت. غلظت هیدروکلوئید و فرمولاسیون سس کچاپ بر قوام سس مؤثر بودند. در این پژوهش تمامی نمونه های سس رفتار غیرنیوتونی رقیق شونده با برش از خود نشان دادند .

گوجرال و همکاران (۲۰۰۲)[۴] صمغ های گوار، آلژینات سدیم، پکتین، کربوکسی متیل سلولز، زانتان و آکاسیا در فرمولاسیون سس کچاپ مورد استفاده قرار دادند و تاثیر افزودن این صمغ ها بر روی شاخص قوام، آب اندازی و شاخص جریان سس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که همه صمغ ها باعث افزایش قوام سس شدند که از این میان صمغ گوار و زانتان باعث بیشترین افزایش شدند. آب اندازی و شاخص جریان هم با افزایش تمام هیدروکلوئیدها کاهش یافت که در این مورد هم صمغ زانتان و گوار پیشتاز بودند.

فرحناکی و همکاران (۲۰۰۸) از پودر پالپ گوجه فرنگی که یکی از ضایعات صنعت گوجه فرنگی است به عنوان عامل قوام دهنده در فرمولاسیون سس کچاپ استفاده کردند. نتایج نشان داد که مقادیر کم پودر پالپ می تواند در افزایش قوام سس کچاپ مشابه هیدروکلوئیدها عمل کند.

کاراژیان و کیهانی (۱۳۹۳) به منظور استفاده از عصاره چوبک به عنوان عامل ایجاد کننده کف پایدار به عنوان جایگزین تخم مرغ در کیک اسفنجی، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد وزنی سفیده تخم مرغ مصرفی در فرمولاسیون کیک اسفنجی را با عصاره چوبک جایگزین کردند و اثرات این جایگزینی را بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی خمیر و خصوصیات فیزیکی و حسی کیک های اسفنجی تولیدی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که جایگزین کردن ۷۵ درصد وزنی سفیده تخم مرغ با عصاره چوبک هیچ تأثیر معنی داری روی وزن مخصوص و شاخص رفتار جریان خمیر نداشت ($P>0/05$) اما سبب کاهش معنی داری در PH و ضریب قوام گردید ($P<0/05$).

صفری بیدختی (۱۳۹۳) طی پژوهشی تاثیر استفاده از عصاره هیدروکلوئیدی چوبک را بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی ماست کم چرب بررسی نمود. در این پژوهش از صمغ گیاه ریشه چوبک در فرمولاسیون ماست استفاده شد و خصوصیات فیزیکی شیمیایی و رئولوژیکی و بافتی و حسی محصول مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد افزایش غلظت صمغ در طی دوره نگهداری سبب افزایش معنی دار ویسکوزیته شد. افزودن غلظت های مختلف صمغ چوبک به ماست تفاوت معنی داری را در میزان سفتی با نمونه شاهد ایجاد کرد.

داراب زاده و همکاران (۱۳۹۰) از صمغ دانه خرنوب محلی ایران، صمغ خرنوب تجاری و کتیرا در فرمولاسیون سس کچاپ استفاده کردند و رفتار رئولوژیکی سس کچاپ، قوام سس، میزان آب انداختن و رنگ آن را مورد بررسی

---

[۹] El-Desouky, 2009
[۶] Sahin & Ozdmir, 2004
[۳] Carob
[۱] Gujral et. al. 2002

قرار دادند. نتایج نشان داد که صمغ دانه خرنوب محلی ایران موجب بهبود رفتار رئولوژیکی سس کچاپ شده و قوام آن با توجه به مرور منابع انجام شده مشاهده می شود که افزودن هیدروکلوئیدها در اکثر موارد باعث افزایش قوام محصول و کاهش آب اندازی آن می شود. هیچ تحقیقی مبنی بر استفاده از عصاره هیدروکلوئیدی گیاه چوبک به عنوان قوام دهنده در سس کچاپ یافت نشد بنابراین با توجه به بومی بودن این گیاه در ایران، انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه ضروری به نظر می رسد.

هدف کلی این پژوهش بررسی خصوصیات قوام دهندگی و افزایش ویسکوزیته، تثبیت و پایداری سس کچاپ فرموله شده با عصاره استخراجی چوبک و بررسی قابلیت استفاده از آن به عنوان افزودنی گیاهی و ارگانیک و کاملاً طبیعی و به عنوان جایگزینی طبیعی برای قوام دهنده های شیمیایی و صنعتی می باشد.

۲- مواد و روش ها:

۲-۱- عصاره گیری:

استخراج عصاره هیدروکلوئیدی به روش جهان بین و همکاران (۲۰۱۱) انجام شد.

ریشه های گیاه چوبک به مدت ۱۰ ساعت در اتانول ۹۵٪ قرار داده می شود تا رنگدانه ها و مولکول های چربی دوست آن حذف شود سپس مواد باقیمانده (۲۰۰ گرم) ۳ بار با آب گرم ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ ساعت (هر بار) استخراج شده و تمام عصاره های این ۳ مرحله با هم ترکیب شد و سپس فیلتر و تا یک سوم حجم اصلی خود را افزایش و میزان آب انداختن سس را کاهش داد.

تحت خلاءتغلیظ شده و بعد با اتانول ۹۵٪ (به نسبت ۱ به ۴ حجمی/حجمی) در دمای ۴ درجه به مدت یک شب ترسیب شده و رسوبات آن توسط سانتریفوژ خارج شد سپس محلول به دست آمده با استفاده از معرف Sevag (۱- بوتانل/ کلروفرم به نسبت ۱ به ۴ حجمی حجمی) پروتئین زدایی شد (۱۴).

۲-۲- تولید سس کچاپ:

تولید سس کچاپ به روش داراب زاده و همکاران (۱۳۹۱) و با استفاده از غلظت های مشخص شده رب گوجه فرنگی، سرکه، نمک و ادویه جات و افزودن سطوح غلظت عصاره چوبک با غلظت های (۰/۵٪، ۱٪ و ۱/۵٪) تهیه شده انجام گرفت. ابتدا آب و رب گوجه فرنگی مخلوط شده و تا نزدیک دمای جوش حرارت داده شدند، سپس نمک و ادویه ها اضافه شده و حدود ۲۰ دقیقه به صورت ملایم حرارت داده شد. پس از آن شکر و سرکه اضافه شده و تا رسیدن به بریکس ۲۶-۳۰ حرارت داده می شود و بعد از آن سس تولید شده به ۴ قسمت تقسیم شده و به هر کدام از قسمت ها مقادیر عصاره تولید شده اضافه و در مخلوط کن به مدت ۵ دقیقه هم زده شد. سس های تهیه شده در شیشه پر شده و پس از دربندی به مدت ۱۲ دقیقه در آب جوش پاستوریزه شده و در یخچال نگهداری شده و در زمان های تعیین شده از آنها نمونه برداری شد.

مواد مورد نیاز	درصد
رب گوجه فرنگی	٤٥
آب مقطر	٤٣/٨٠
سرکه	٩/٢
شکر	١
نمک	٠/٥
پودر پیاز	٠/٢٣
فلفل قرمز	٠/٠٧
پودر سیر	٠/٠٤٢
دارچین	٠/٠٤٢
فلفل سیاه	٠/٠٣٥
پاپریکا[1]	٠/٠٣٥
پودر جوز هندی[2]	٠/٠٢٣
پودر میخک	٠/٠١٧

جدول ۱. فرمولاسیون سس کچاپ تولید شده

[1] Paprika
[2] Nutmeg Hindi

۲-۳- بررسی خصوصیات رئولوژیکی و مدل سازی رفتار جریان:

برای اندازه گیری ویسکوزیته از دستگاه ویسکومتر چرخشی بروکفیلد مدل RVDV – lll U استفاده شد. کلیه آزمون ها در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و با شرایط یکسان انجام شد بطوریکه منحنی جریان نمونه ها در دامنه سرعت برشی ۰ تا ۱۰۰ S^{-1} اندازه گیری شد. لازم به ذکر است که دستگاه ویسکومتر مجهز به دستگاه کامپیوتری بوده و شرایط کاری دستگاه کاملا قابل کنترل می‌باشد. به منظور مدل سازی خصوصیات جریانی سس کچاپ با توجه به اینکه ویسکوزیته با افزایش درجه برش در کلیه آزمون های رئولوژیکی کاهش می یافت و در نتیجه رفتار غیر نیوتنی ظاهر می شد از ۴ مدل سیالات غیر نیوتنی شامل مدل قانون توان[3]، کاسون[4]، مدل بینگهام و هرشل بالکلی[5] استفاده شد (۲).

۲-۳-۱- مدل قانون توان:

مدل قانون توان، رایج ترین مدل پیشگویی رفتار سیالیت غذایی غیر نیوتنی می باشد. در این مدل رابطه بین تنش برشی (τ) و درجه برش ($\dot{\gamma}$) به صورت رابطه ۱ است :

رابطه ۱ : (جدول ۵)

$$\tau = k\,\dot{\gamma}^{n}$$

۲-۳-۲- مدل هرشل بالکلی:

در صورتی که نمونه ای دارای تنش تسلیم باشد، می توان این مقدار تنش را به مدل قانون توان اضافه کرد که در نتیجه مدل هرشل بالکلی حاصل می شود. شکل ریاضی این مدل به صورت رابطه ۲ است :

رابطه ۲ : (جدول ۵)

$$\tau = \tau_{0H} + k_H(\dot{\gamma})^{n_H}$$

[1] Power low
[2] Casson model
[3] Herschel-Bulkley model

۲-۳-۳- مدل کاسون:

مدل کاسون یک مدل بر پایه ساختار ماده غذایی است که برای تعدادی از دیسپرسیونهای غذایی مورد استفاده قرار گرفته است.این مدل بیشتر برای سیستم هایی مناسب است که تنش تسلیم دارند.

رابطه ۳ : (جدول ۵)

$$\tau^{0.5} = \tau_{0C}^{0.5} + k_c (\dot{\gamma})^{0.5}$$

۲-۳-٤- مدل بینگهام:

سیالات پلاستیک دیگری وجود دارند که رفتار آن ها با مدل های هرشل بالکلی و کاسون قابل توصیف نیست، بلکه مدل مناسب‌تری بنام بینگهام برای آن ها به کار می رود. شکل ریاضی این مدل به صورت رابطه ۴ است:

رابطه ۴ : (جدول ۵)

$\tau = \tau 0 + \eta B \gamma$

۲-٤- اندازه گیری قوام:

قوام، معیار مقاومت سیال به جریان و یکی از ویژگیهای مهم در پذیرش بسیاری از فرآورده‌های غذایی بخصوص رب گوجه‌فرنگی می‌باشد. جهت اندازه‌گیری قوام، نمونه‌های کچاپ توسط آب مقطر تا بریکس ۱۲/۵ رقیق شد و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد توسط قوام سنج بوستویک اندازه‌گیری شد و نتایج حاصل به صورت مسافت طی شده به سانتی متر در طی ۳۰ ثانیه گزارش شد (۵).

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری:

تجزیه و تحلیل اطلاعات به منظور آنالیز مشاهدات و آزمون های مربوط به نمونه ی شاهد با نمونه های حاوی سطوح غلظتی مختلف عصاره چوبک و ماندگاری نمونه ها با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت. آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA برای مقایسه میانگین ها و وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ روی داده ها انجام گرفت و با استفاده از نمودار ها و منحنی ها نتایج برازش شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات رئولوژیکی:

براساس مطالعات، افزودن هیدروکلوئید به سس کچاپ علاوه بر افزایش ویسکوزیته آن، میزان جدا شدن سرم را کاهش می‌دهد(۱۳). صنایع غذایی به ویژه در سال های اخیر شاهد افزایش چشمگیری در استفاده از هیدروکلوئیدها بوده است. برخی از هیدروکلوئیدها در غلظت های پایین بصورت معنی داری سبب تأثیر بر بافت و خواص ارگانولپتیکی موادغذایی می‌شوند. انتخاب نوع هیدروکلوئید تحت تأثیر خواص عملکردی مورد نیاز قرار می گیرد، اما بدون شک پارامتر قیمت نیز عامل تأثیرگذار مهمی می‌باشد(۱۰، ۲۸)

برای تعیین رفتار جریان نمونه‌ها از مدلهای رایج قانون توان، مدل هرشل باکلی، مدل کاسون و مدل بینگهام برای برازش داده‌های تنش برشی بر درجه برش استفاده شد. پارامترهای رئولوژیکی محاسبه شده در جدول ۲ آورده شده است. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که η_B با افزایش غلظت عصاره چوبک افزایش یافت. میزان ویسکوزیته با افزایش مواد جامد کل افزایش می‌یابد که بیشترین ویسکوزیته مربوط به نمونه با حداکثر غلظت هیدروکلوئید است و کمترین میزان نمونه کنترل است. میزان ویسکوزیته پلاستیک بینگهام از ۱۰/۱۵۹ برای نمونه کنترل تا ۱۱/۱۳۳ برای نمونه حاوی ۱/۵٪ غلظت هیدروکلوئید متغیر بوده است. ضرایب تبیین معادله بینگهام بیشتر از ۰/۹۹ بوده است. در نتایج حاصل از مدل کاسون ضرایب تبیین بیانگر قابلیت نسبتاً مناسب این مدل برای توصیف رفتار جریان نمونه ها است. تنش تسلیم نمونه های حاوی هیدروکلوئید بیشتر از نمونه کنترل بوده است. این داده ها با نتایج کوریا و میتال (۱۹۹۹)[1] همخوانی دارد.

همچنانکه مشاهده می شود با در نظر گیری ضرایب تبیین مدلها مشخص می شود که مناسبترین مدل برای پیشگویی رفتار جریان تمام نمونه ها مدل مشهور رئولوژیکی بینگهام است. مدلهای رئولوژیکی قانون توان و هرشل بالکلی بدلیل پایین بودن ضرایب تبیین در تفسیر نتایج مورد بررسی قرار

[1] Correia & Mittal, 1999

نگرفتند. اما در نتایج به دست آمده از پژوهش کوچکی و همکاران (۲۰۰۹) که تاثیر صمغ های زانتان و کربوکسی متیل سلولز را بر روی ویژگی های رئولوژیکی سس کچاپ مورد بررسی قرار دادند؛ مدل های قانون توان و هرشل باکلی به خوبی بر روی داده های تنش برشی و نرخ برش در آنها صدق کرد.

همچنانکه نتایج جدول ۳ نشان می دهد نمونه های تولیدی دارای تنش تسلیم هستند. منظور از تنش تسلیم حداقل تنش برشی لازم برای شروع جریان می‌باشد. تنش تسلیم نشان دهنده یک تنش ابتدایی برای جریان یافتن سیال می باشد، چون در مقادیر کمتر از تنش تسلیم، سیال قادر به جریان یافتن نیست و رفتاری شبیه جامد دارد (۲۳). با توجه به مدل بینگهام با افزایش غلظت صمغ میزان تنش تسلیم نیز افزایش یافت. بیشترین مقدار تنش تسلیم مربوط به نمونه حاوی ۱/۵ درصد غلظت صمغ و کمترین مقدار مربوط به نمونه شاهد بود. در مدل کاسون نیز نتایج مشابهی بدست آمد و با افزایش غلظت صمغ میزان تنش تسلیم نمونه‌ها افزایش یافت.

افزودن عصاره چوبک میزان تنش تسلیم را در مقایسه با نمونه کنترل افزایش داده است، چنین رفتاری بیانگر برهم کنشی بین هیدروکلوئید چوبک و برخی از اجزاء موجود در سس کچاپ است.

در مورد اثر نگهداری در دمای $4^{\circ}C$ مشاهده می‌شود که هم در سس کچاپ محتوی صمغ و هم در نمونه شاهد با گذشت زمان تغییرات معنی‌داری در ویسکوزیته مشاهده نشده است و این نکته قابل ذکر است که در همه موارد سس محتوی صمغ ویسکوزیته بیشتری نسبت به نمونه شاهد داشته است. جدول ۳ تغییرات پارامترهای رئولوژیکی را پس از ۲ ماه نگهداری نشان می دهند. کاملاً واضح است که نمونه های سس تحت تأثیر زمان نگهداری قرار گرفته اند و همچنان مدل بینگهام به نحو مطلوبی رفتار جریان نمونه ها را توصیف کرده است. در طی دوره نگهداری در تمام نمونه ها افزایش ویسکوزیته مشاهده شد که این افزایش ویسکوزیته در طول دوره نگهداری می تواند به علت افزایش ظرفیت اتصال به آب عصاره (خاصیت جذب آب بالای هیدروکلوئیدها) باشد که سبب کاهش جریان پذیری و افزایش مقاومت نمونه در برابر جاری شدن یا همان ویسکوزیته ظاهری می شوند.

تمام پارامترهای رئولوژیکی با افزودن هیدروکلوئید و افزایش مدت زمان نگهداری افزایش پیدا کردند. این نتایج با تحقیقات کوچکی و همکاران(۲۰۰۹)، شاروبا(۲۰۰۴)[۱]، وارلا و همکاران(۲۰۰۳)[۲] و سینگ و همکاران (۲۰۰۲)[۳] همخوانی دارد.

[۱] Sharoba, 2004
[۲] Varela et. al. 2003
[۳] Singh et. al. 2002

جدول ۲. پارامترهای مدل‌های رئولوژیکی نمونه‌های سس کچاپ بلافاصله پس از تولید

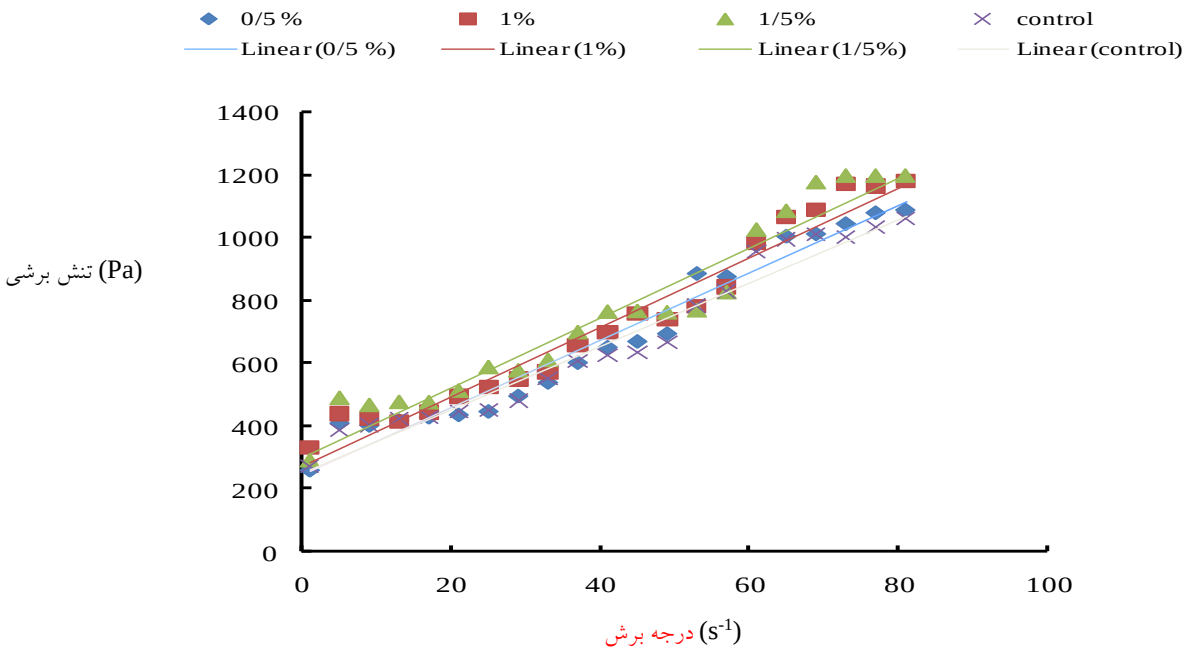
مدل / تیمار	بینگهام			کاسون			قانون توان			هرشل بالکلی			
	τ_0	η_B	R^2	τ_{0C}	K_C	R^2	۳	n	R^2	τ_{0H}	k_H	n_H	R^2
۵/۰ درصد صمغ	۲٤٦/۰۱	۱۰/۷۳٦	۰/۹۹	۱۲/۲۸	۲/۲۲۹	۰/۹۱	۱۹۳/۰۷	۰/۳۵۱	۰/۸۰	۳۱۳/۰۳	۲/٦۹٦	۱/۳۰۷	۰/٦۹
۱ درصد صمغ	۲۷۲/۰۲	۱۱/۱۳۰	۰/۹۹	۱۳/۳۱۷	۲/۵۹٤	۰/۹۷	۲۲۸/۱۹	۰/۳۲۲	۰/۷٦	۳٦۹/۸۱	۱/۲۳۳	۱/٤۹۳	۰/٦۸
۱/۵ درصد صمغ	۳۰۲/۹۹	۱۱/۱۳۳	۰/۹۹	۱۳/۹٦۷	۲/۹۸۳	۰/۹٦	۲۳۲/۸۰	۰/۳۲۹	۰/۸۱	۳۹۵/۰۵	۱/٤۹۷	۱/٤٤۰	۰/۵۹
نمونه کنترل	۲٤۹/۷۹	۱۰/۱۵۹	۰/۹۹	۱۲/۵٦۱	۲/۱۲۷	۰/۹٤	۱۹۸/۲٦۰	۰/۳۳٦	۰/۸۵	۳۲۰/۸۵	۲/۰٤۰	۱/۳۵۰	۰/۷۹

$(\tau=\tau_0+\eta_B\gamma)$ $(\tau^{0.5}=\tau_{0C}^{0.5}+K_C\gamma^{0.5})$ $(\tau=k\gamma^{n})$ $(\tau=\tau_{0H}+k_H(\gamma)^{nH})$

جدول ۳. پارامترهای مدل‌های رئولوژیکی نمونه های سس کچاپ ۲ ماه پس از تولید

مدل / تیمار	بینگهام			کاسون			قانون توان			هرشل بالکلی			
	τ_0	η_B	R^2	τ_{0C}	K_C	R^2	۳	n	R^2	τ_{0H}	k_H	n_H	R^2
۰/۵ درصد صمغ	۲٤٦/۰۱۰	۱۱/٤٤۵	۰/۹۸	۱۲/۲۸۷	۲/۱۸۹	۰/۹۱	۱۹۳/۰۷۰	۰/۳۳۵	۰/۷۱	۳۱۳/۱٦۵	٤/۹۲۳	۱/۱۸۰	۰/٦۹
۱ درصد صمغ	۲۷٦/۲۵۰	۱۲/۲٦۸	۰/۹۹	۱۳/۰۱٤	۲/۲۸۵	۰/۹٦	۲۳۱/۷۳۱	۰/۳۳٤	۰/۷۵	۳۲۷/۵۱۵	۵/۲۵۱	۱/۱۸۱	۰/۵۸
۱/۵ درصد صمغ	۳۱۸/۳۳۱	۱۲/۸۷٦	۰/۹۹	۱٤/۳۳۷	۲/۵۵٤	۰/۹٤	۲٦۵/۷۱۱	۰/۳۰۸	۰/٦۹	۳۷٤/٤۹۰	٤/٤٤٤	۱/۲۱۱	۰/۷٦
نمونه کنترل	۲۷۷/۳۷۰	۱۰/٦۲۵	۰/۹۸	۱۲/۷۵۲	۲/۲۰۸	۰/۹۸	۱۹۹/۲۷۱	۰/۳۵۰	۰/۷۸	۳۱۰/۰٤۰	٤/۷٤٤	۱/۱۷۸	۰/۷۷

شکل ۱ رفتار جریان سس‌های کچاپ را بر حسب رابطهٔ تنش برشی در برابر سرعت برشی نشان می‌دهد. با توجه به شکل می‌توان دریافت که نمونه‌های کچاپ از نظر رئولوژیکی جزو سیالات غیر نیوتنی طبقه‌بندی می‌شوند، زیرا منحنی تنش برشی ـ درجه برش از مبدأ مختصات نمی‌گذرد که این نتیجه با نتایج کوچکی و همکاران(۲۰۰۹)همخوانی داشت.



شکل ۱. رابطه تنش برشی با درجه برش نمونه‌های کچاپ

سس کچاپ در این پژوهش رفتار غیرنیوتنی پلاستیک بینگهام از خود نشان داد. طبیعت اجزای موجود در سس کچاپ نقش مهمی در ویسکوزیته ایفا می کنند. از این نقطه نظر ویسکوزیته منعکس کننده تغییرات ترکیبات سس کچاپ در نتیجه نگهداری در شرایط مختلف زمانی است.

ضریب قوام (k یا η) بیانگر میزان ویسکوزیته ماده غذایی است. تغییرات ضریب قوام نشان دهنده نوع رفتار ویسکوزیته در مقابل درجه برش می‌باشد. یکی از مهمترین فاکتورهای تعیین کننده کیفیت سس کچاپ فرآوری شده ارزیابی ویسکوزیته آن است.

با افزایش غلظت صمغ در تمامی نمونه ها ضریب قوام افزایش یافت. در این پژوهش بیشترین ضریب قوام در نمونه حاوی ۱/۵ درصد صمغ مشاهده شد و کمترین مقدار مربوط به نمونه بدون صمغ بود. علت این افزایش بالا رفتن تعداد ملکولهای با وزن ملکولی بالا در فاز مایع می‌باشد که سبب افزایش مقاومت در برابر جریان و در نتیجه افزایش ضریب قوام سس می‌شود. ممکن است در غلظت های بالاتر، درگیری های بین مولکولی و فرورفتگی های داخلی که منجر به افزایش ویسکوزیته و افزایش محدودیت رانش مولکولی در اثر درگیری بین زنجیره های پلیمری است موجب افزایش ویسکوزیته شود.

جهان بین و همکاران(۲۰۱۲) در تحقیقی بر عصاره چوبک نشان دادند که عصاره تخلیص شده حاوی ۸۴/۳٪ کربوهیدرات است که این میزان قند از صمغ گوار بیشتر و کمی کمتر از صمغ های گزانتان و عربی است.همچنین آنالیز مونوساکاریدها توسط HPLC نشان داد که پلی ساکاریدهای محلول در آب استخراج شده از این عصاره،یک نوع پلی ساکارید گلوکو آرابینوگالاکتان[۱] می باشند.بنابراین می توان افزایش ضریب قوام در اثر افزایش غلظت عصاره را به افزایش خاصیت پلی ساکاریدی عصاره در فرمولاسیون و بالا رفتن تعداد مولکول های با وزن مولکولی بالا مرتبط دانست که سبب افزایش مقاومت در برابر جریان و در نتیجه افزایش ضریب قوام سس کچاپ می گردد.

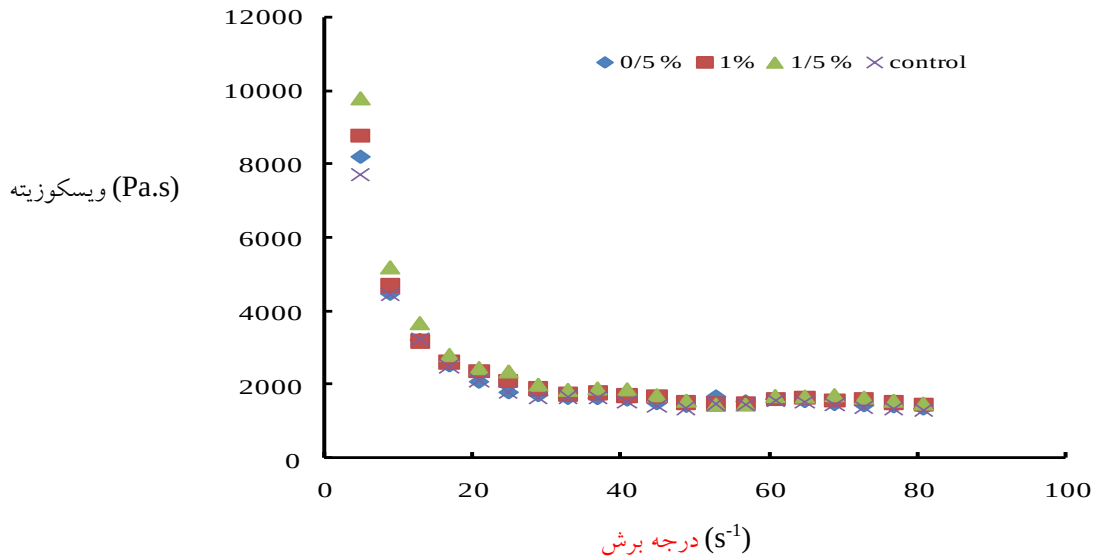
رابطه بین ویسکوزیته ظاهری و درجه برش نمونه‌های سس کچاپ در شکل ۲ نشان داده شده است. با افزایش درجه برش در تمامی نمونه‌ها کاهش ویسکوزیته ظاهری مشاهده شد. لازم به ذکر است که بین کاهش ویسکوزیته و افزایش

[۲] Gluco arabinogalactan

درجه برشی رابطه‌ای وجود دارد. بدین صورت که می‌توان گفت در سرعت‌های برشی پایین کاهش شدید ویسکوزیته با سرعت صورت می‌گیرد، اما در سرعت‌های برشی بالاتر این کاهش با روند آهسته‌تری صورت می‌گیرد. مک کلمنتس (۱۹۹۹)[1] علت این جریان را اینگونه بیان نموده است که با افزایش درجه برش به میزان مورد نیاز جهت غلبه بر حرکت براونی، ذرات امولسیون بیشتر در جهت جریان قرار گرفته و مقاومت کمتری نسبت به جریان خواهند داشت که این مسئله سبب کاهش ویسکوزیته می‌شود. این روند تغییرات ویسکوزیته با درجه برش در افزایش کارآیی پمپ در صنایع غذایی تولید کننده سس اهمیت بسزایی خواهد داشت. در سرعت های برشی پایین با تغییر در سرعت برش، ویسکوزیته کاهش ناگهانی داشت؛ در حالی که در غلظت های بالاتر، این کاهش ملایم تر بود. روان شدن در اثر برش به دلیل قرار گرفتن مولکول ها در جهت برش است. با افزایش سرعت برش، پلیمر که دارای زنجیره های بلند هستند و به صورت تصادفی و به هم ریخته قرار دارند، به صورت ردیفی در جهت جریان قرار گرفته و باعث کاهش اتصالات زنجیره های جانبی پلیمر با یکدیگر می شوند. مقدار ویسکوزیته در سرعت برش پایین، مسئول ایجاد قوام در فرآورده های غذایی است (۱۸)؛ در حالی که مقدار ویسکوزیته در سرعت برش بالا بیانگر ویسکوزیته فرآورده در مراحل مختلف فرآیند است. از آنجا که ویسکوزیته محلول با افزایش سرعت برشی کاهش می یابد، کارآیی پمپ کردن اینگونه سیالات با افزایش سرعت جریان پمپ افزایش می یابد.

در این تحقیق ویسکوزیته ظاهری با افزایش غلظت صمغ افزایش یافت. شدت تغییر ویسکوزیته ظاهری نیز با افزایش غلظت هیدروکلوئید و تغییر درجه برش افزایش یافت (شکل ۲).

[1] MC Clements, 1999



شکل ۲. اثر درجه برش بر ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های سس کچاپ

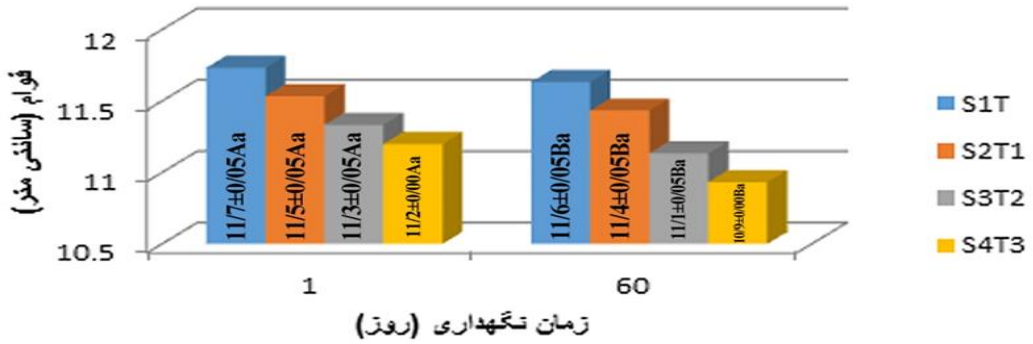
۳-۲- آزمون قوام:

میزان قوام نمونه ها در غلظت های مختلف عصاره گیاه چوبک توسط دستگاه قوام سنج بوستویک با بریکس ۲۱ در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در مدت زمان ۳۰ ثانیه جاری شدن اندازه‌گیری شد نتایج در جدول ۴و شکل های ۳، ۴ و ۵ به ترتیب برای اثر متقابل زمان و تیمار، اثر زمان و اثر غلظت عصاره آمده است. نتایج آنالیز آماری نشان داد بین تیمارهای مختلف و روزهای مختلف نگهداری اختلاف آماری معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) وجود دارد ولی اختلاف آماری معنی داری ($p>۰/۰۵$) برای اثر متقابل تیمار در زمان مشاهده نشد. نتایج مقایسات میانگین نشان داد با افزایش میزان غلظت عصاره در نمونه‌ها، قوام افزایش پیدا کرد و رابطه مستقیمی بین میزان عصاره و قوام نمونه ها وجود داشت. نتایج حاصل از آنالیز آماری نشان داد تاثیر عصاره و گذشت زمان بر میزان قوام نمونه ها در سطح ۵٪ برای نمونه شاهد و نمونه حاوی ۰/۵ درصد عصاره چوبک معنی دار ($p>۰/۰۵$) نبود در حالیکه برای غلظت‌های ۱ و ۱/۵ درصد عصاره چوبک معنی دار بود ($p<۰/۰۵$) و با گذر زمان قوام بیشتر شد در نمونه شاهد احتمالا به دلیل خروج آب در حین نگهداری و در نمونه‌های حاوی غلظت‌های بالای عصاره چوبک علاوه بر مورد ذکر شده فعل و انفعالات داخل سس نیز موثر بوده است. نتایج حاصل از بررسی قوام نمونه ها طی دو بازه زمانی نشان داد قوام نمونه های حاوی صمغ نسبت به نمونه کنترل بیشتر بود. در بین نمونه ها، در روز اول نمونه حاوی ۱/۵درصد عصاره چوبک به مراتب قوام بیشتری در مقایسه با نمونه کنترل و نمونه های حاوی دیگر درصدهای عصاره بود و دلیل این امر قابلیت بالای عصاره در تشکیل ساختار ژل و به دام انداختن آب آزاد قابل دسترس و تشکیل پیوند آبی مطلوب می باشد، در نتیجه بافت منسجم و با قوام بهتر حاصل می شود. در حالیکه نمونه شاهد ساختار ژل ضعیف تری در مقایسه با سس‌های حاوی عصاره چوبک تشکیل می دهد. ساهین و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی تاثیر برخی هیدروکلوئیدها (کتیرا،گوار،کربوکسی متیل سلولز، صمغ زانتان و صمغ دانه خرنوب) در سطوح صفر، ۰/۵و ۱ گرم در۱۰۰گرم وزنی/وزنی بر ویژگیهای رئولوژیکی فرمولاسیون‌های مختلف کچاپ به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت هیدروکلوئیدها شاخص قوام و ویسکوزیته ظاهری افزایش و مقدار جریان بوستویک کاهش می‌یابد.

جدول ٤. تاثیر زمان برمیزان قوام نمونه ها در غلظت های مختلف صمغ ها

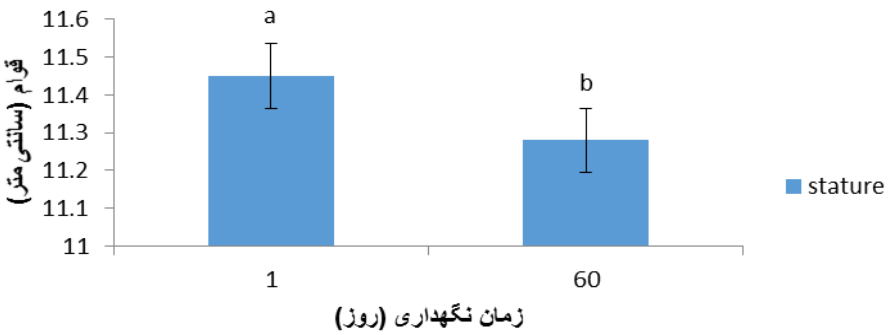
	قوام،زمان (روز)	
تیمار		
	۱	٦۰
کنترل	۱۱/۷±۰/۰۵^{Aa}	۱۱/٦±۰/۰۵ ^{Ba}
عصاره چوبک ۰/۵ درصد	۱۱/۵±۰/۰۵^{Aa}	۱۱/٤±۰/۰۵ ^{Ba}
عصاره چوبک ۱ درصد	۱۱/۳±۰/۰۵^{Aa}	۱۱/۱±۰/۰۵ ^{Ba}
عصاره چوبک ۱/۵ درصد	۱۱/۲±۰/۰۰^{Aa}	۱۰/۹±۰/۰۵ ^{Ba}

اعداد درون جدول میانگین ۳ تکرار± انحراف معیار می‌باشد. حروف بزرگ یکسان در هر سطر و حروف کوچک یکسان در هر ستون نشان دهنده‌ی عدم وجود اختلاف آماری معنی دار در سطح ۰/۰۵ >p می‌باشد.



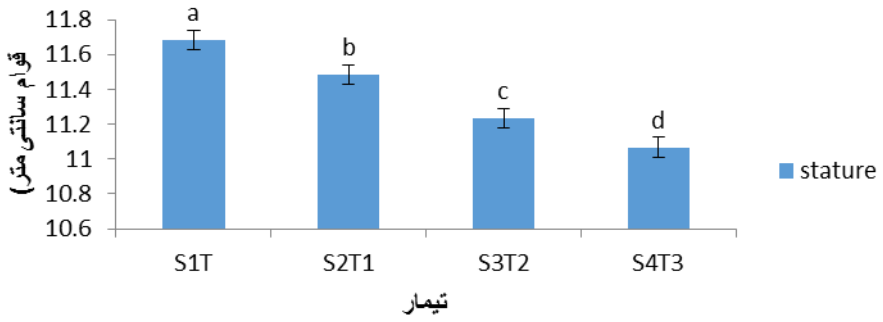
شکل ۳. نسبت تاثیر اثر متقابل زمان و غلظت های مختلف عصاره چوبک بر میزان قوام طی زمان نگهداری

S1T نمونه کنترل، S2T1 نمونه حاوی ۰/۵٪ عصاره چوبک، S3T2 نمونه حاوی ۱٪ عصاره چوبک و S4T3 نمونه حاوی ۱/۵٪ عصاره چوبک می‌باشد.



شکل ٤. نسبت تاثیر زمان بر میزان قوام طی زمان نگهداری

S1T نمونه کنترل، S2T1 نمونه حاوی ۰/۵٪ عصاره چوبک، S3T2 نمونه حاوی ۱٪ عصاره چوبک و S4T3 نمونه حاوی ۱/۵٪ عصاره چوبک می‌باشد.



شکل۵. نسبت تاثیر غلظت های مختلف عصاره چوبک بر میزان قوام طی زمان نگهداری

S1T نمونه کنترل، S2T1 نمونه حاوی ۰/۵٪ عصاره چوبک، S3T2 نمونه حاوی ۱٪ عصاره چوبک و S4T3 نمونه حاوی ۱/۵٪ عصاره چوبک می‌باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد افزودن بیش از ۱درصد عصاره چوبک باعث ایجاد بافت سفتی بعد از گذر ۶۰ روز خواهد شد که مطلوب نبود اما غلظت ۱٪ باعث ایجاد بافت مناسب در سس‌های تولید شده گردید.

٤- نتیجه گیری

سس کچاپ با قوام و ویسکوزیته مناسب با استفاده از عصاره چوبک در فرمولاسیون آن قابل تهیه است. استفاده کردن از عصاره چوبک به منظور افزایش قوام مطلوب و بهبود خواص بافتی سس کچاپ مفید بوده است. بایستی در انتخاب غلظت های عصاره‌های مصرفی دقت شود زیرا غلظت های بالا باعث ایجاد بافت سفت نامطلوب می شود. با گذر زمان نیز به دلیل جذب آب توسط صمغ‌ها میزان قوام افزایش یافت به طوری که بیشترین قوام مربوط به نمونه ۱/۵٪ در روز ۶۰ بوده است. افزودن هیدروکلوئید به سس کچاپ علاوه بر افزایش ویسکوزیته آن، میزان جدا شدن سرم را کاهش می دهد که بیشترین ویسکوزیته و تنش تسلیم مربوط به نمونه با ۱/۵٪ غلظت هیدروکلوئید است و کمترین میزان نمونه کنترل است. همچنانکه مشاهده می شود با در نظر گیری ضرایب تبیین مدلها مشخص می شود که مناسبترین مدل برای پیشگویی رفتار جریان تمام نمونه ها مدل مشهور رئولوژیکی بینگهام است زیرا دارای بیشترین ضریب تبین نسبت به مدل های دیگر بود. تمام پارامترهای رئولوژیکی با افزودن هیدروکلوئید و افزایش مدت زمان نگهداری افزایش پیدا کردند. در کل افزودن عصاره چوبک در غلظت های متوسط (۱٪) باعث بهبود کیفیت بافتی در سس کچاپ شد و بعنوان منبع مناسب گیاهی برای استفاده در صنعت تولید سس توصیه می گردد.

جدول۵- فهرست نمادها

نماد	مفهوم	واحد
K	ضریب قوام	$Pa.S^n$
n	شاخص رفتار جریان	بدون بعد
τ_{0H}	تنش تسلیم مدل هرشل- بالکلی	Pa
k_H	ضریب قوام مدل هرشل- بالکلی	$Pa.S^n$
n_H	شاخص رفتار جریان مدل هرشل بالکلی	بدون بعد
τ_{0C}	تنش تسلیم مدل کاسون	$Pa^{0.5}$
k_c	ویسکوزیته مدل کاسون	$Pa^{0.5}.s^{0.5}$
τ_0	تنش تسلیم مدل بینگهام	Pa
η_B	ویسکوزیته پلاستیک بینگهام	$Pa.S$

۵- منابع

۱. داراب زاده، ن.، فرحناکی، ع.، مجذوبی، م. و مصباحی، غ. ۱۳۹۱. مقایسه رفتار صمغ دانه خرنوب محلی ایران با صمغ دانه خرنوب تجاری و کتیرا در فرمولاسیون سس کچاپ. نشریه پژوهش های صنایع غذایی، جلد ۲۲، شماره ۲، ۱۱۳-۱۲۲.

۲. رضوی،س.م.ع، اکبری،ر. ۱۳۸۸. خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی در مواد غذایی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

۳. صفری بیدختی،م. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر استفاده از عصاره هیدروکلوئیدی چوبک بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی ماست، پایان نامه کارشناسی ارشدرشته مهندسی کشاورزی، علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی – واحد سبزوار، سبزوار.

٤. کاراژیان،ح. کیهانی،و. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر عصاره چوبک به عنوان جایگزین سفیده تخم مرغ بر کیفیت کیک اسفنجی. نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد۱۱، شماره۱، ٦۳- ۷٦.

۵. مظاهری تهرانی و همکاران. ۱۳۸۱. اصلاح روش اندازه‌گیری قوام بوستویک گوجه‌فرنگی سال نهم. شماره ۱، ۱۵۸-۱۵۳.

٦. معاشری، س.م .۱۳۷۷. استخراج گلیسیریزین از عصاره شیرین بیان، فرمولاسیون و بررسی اثر مقادیر مختلف آن بر پایداری فیزیکی روغن حلوا ارده، دانشکده علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران.

7. Bai, H.M., Ahn, J.K., Yoon, Y.H., Kim, H.U., 1978. A study of the development of the mixed stabilizer for ice cream manufacture. Korean Journal Animal Science, 20: 436–445.
8. Ceyhun-Sezgin, A. E., and Artik, N. 2010. Determination of saponin content in Turkish tahini halvah by using HPLC. Advance Journal of Food Science and Technology, 2(2):109-115.
9. Correia, L.R. and Mittal, G.S. 1999. Food rheological studies using coaxial rotational and capillary extrusion rheometers. International Journal of Food Properties, 2 (2): 139-150.

10. Dickinson E, 2003. Hydrocolloids at interface and the influence on the properties of dispersed systems. Food Hydrocolloids, 17: 25-39.
11. EL-Desouky, A. 2009. Effect of hydrocolloids addition on rheological properties, and sensory quality of tomato ketchup during storage. Food science Dept., Fac. of Agric., Moshtohor, Benha University, Egypt, 47(2): 1-23.
12. Farahnaky, A., Abbasi, A., Jamalian, J., & Mesbahi, G. 2008. The use of tomato pulp powder as a thickening agent in the formulation of tomato ketchup. Journal of Texture Studies, 39(2): 169-182.
13. Gujral, H. S., Sharma, A., & Singh, N. 2002. Effect of hydrocolloids, storage temperature, and duration on the consistency of tomato ketchup. International Journal of Food Properties, 5(1): 179-191.
14. Jahanbin, K., Moini, S., Gohari, A. R., Emam-Djomeh, Z., & Masi, P. 2012. Isolation, purification and characterization of a new gum from Acanthophyllum bracteatum roots. Food Hydrocolloids, 27(1): 14-21.
15. Juszczak, L., Oczadły, Z., Gałkowska, D. 2013. Effect of Modified Starches on Rheological Properties of Ketchup. Food Bioprocess Technol, 6(5): 1251-1260.
16. Koocheki, A., Ghandi, A., Razavi, S. M. 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 & Technology, 44(3): 596-602.
17. MC Clements, D.J.1999.Food emulsions, principles, practice and techniques .LLC:CRC press.
18. Morris, E.R., and Taylor, L.J. 1982. Oral perception of fluid viscosity. Progress in Food and Nutrition Science, 6: 285-296.
19. Sahin, H., & Ozdemir, F. 2004.Effect of some hydrocolloids on the serum separation of different formulated ketchups. Journal of Food Engineering, 81:437–446.
20. Sharoba, A.M. 2004. Effect of heat transfer on rheological and mechanical properties of some selected foods. Ph.D Thesis, Fac. of Agric., Moshtohor, Zagazig Univ., Egypt.
21. Sikora, R.A., Schafer, K, and Dababat A,. 2007. Modes of action associated with microbially induced in planta suppression of plant-parasitic nematodes. Australasian Plant Pathology 36:124-134.
22. Singh, G.H.; Abhishek, S. and Narpinder, S. 2002. Effect of hydrocolloids, storage temperature, and duration on the consistency of tomato ketchup. International Journal of Food Properties, 5 (1): 179-191.
23. Steffe, J. F. 1996. Rheological methods in food process engineering (2nd ed.). East Lancing MI, USA: Freeman Press. pp. 23-25.
24. Tabibloghmany, F. S., & Ehsandoost, E. 2013. Investigation of Linseed (Linum usitatissimum L.) gum effects on rheological properties, and sensory quality of tomato ketchup during storage. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 6(2): 70-76.
25. Taherian, A. R., Fustier, P., & Ramaswamy, H. S. 2007. Effects of added weighting agent and xanthan gum on stability and rheological properties of beverage cloud emulsions formulated using modified starch. Journal of Food Process Engineering, 30: 204–224.
26. Varela, P., GÁMbaro, A., GimÉNez, A. M., DurÁN, I., & Lema, P. 2003. Sensory and instrumental texture measures on ketchup made with different thickeners. Journal of Texture Studies, 34(3): 317-330.
27. Weiping, W. 2000.Tragacanth and karaya. In G. O. Philips, & P. A. Williams (Eds.), Handbook of hydrocolloids (pp. 231-246). Cambridge, England: CRC Press.
28. Williams PA and Phillips GO. 2000. Introduction to Food Hydrocolloids.
29. Phillips, G.O., and Williams, P.A. (Eds). Handbook of Hydrocolloids. Woodhead Publishing Limited. North and South America.