

# ارزیابی ویژگی همیاری بین پکتین و کربوکسی متیل سلولز در نوشیدنی شیر - آب تمشک

سیده فاطمه عابدی ولوکلایی<sup>۱</sup>، علی محمدی ثانی<sup>۲\*</sup>، حجت کاراژیان<sup>۳</sup>، اسماعیل عطای صالحی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانش آموخته ی کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، گروه علوم و صنایع غذایی، قوچان، ایران

<sup>۲</sup> استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، قوچان، ایران

<sup>۳</sup> استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران

<sup>۴</sup> استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، قوچان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹ / ۹ / ۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹ / ۱۱ / ۱۸

## چکیده

یکی از مشکلات عمده در تولید مخلوط شیر - میوه‌ی اسیدی، دو فاز شدن آن طی تولید و نگهداری است که به دلیل رسوب کازئین شیر در pH پایین ( $\leq 4/0$ ) است. معمولاً جهت جلوگیری یا کاهش تجمع پروتئین (از قبیل کازئین) در شیرهای اسیدی شده از هیدروکلوییدها استفاده می‌شود. در این مطالعه از صمغ‌های پکتین و کربوکسی متیل سلولز جهت ایجاد پایداری شیر - آب تمشک استفاده گردید و اثر همیاری این دو صمغ مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور، تیمارهای نوشیدنی شیر - آب تمشک حاوی کربوکسی متیل سلولز و پکتین به تنهایی (در غلظت‌های ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۳۵ درصد) و مخلوط پکتین و کربوکسی متیل سلولز (با نسبت‌های ۲۵ : ۶۶/۶، ۷۵ : ۳۳/۴ و ۳۴/۳ : ۶۵/۷) در غلظت‌های ۰/۲، ۰/۳ و ۰/۳۵ درصد تهیه شدند. در ضمن، سازوکارهای مؤثر بر پایداری‌کنندگی، به وسیله‌ی اندازه‌گیری ویژگی‌های رئولوژیکی، ویسکوزیته‌ی ظاهری و درصد رسوب، مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس یافته‌های این مطالعه، بهترین مدل رئولوژیکی برای توصیف رفتار جریان تیمارها، مدل قانون توان بود. تیمارهای حاوی مخلوط پکتین و کربوکسی متیل سلولز در سطح معنی‌داری ( $p \leq 0/05$ ) پایداری و ویسکوزیته‌ی بیش‌تری نسبت به تیمارهای حاوی کربوکسی متیل سلولز به تنهایی بودند.

واژه‌های کلیدی: کربوکسی متیل سلولز، پکتین، نوشیدنی شیر - آب تمشک، پایداری کننده.

نوشیدنی‌های شیر اسیدی شده (AMD)<sup>۱</sup> محصولاتی هستند که به اشکال مختلف مثل نوشیدنی‌های شیر میوه، نوشیدنی‌های ماست، شیر سویا، نوشیدنی‌های آب پنیر، کفیر و غیره عرضه می‌شوند. این نوشابه‌ها می‌توانند به عنوان سیستم‌های مایع پروتئینی و اسیدی شده با پایداری و ویسکوزیته شبیه شیر طبیعی بیان شوند. بعضی از نوشیدنی‌ها به طور معمول از فاز لبنی اسیدی (پایه تخمیر شده) یا یک فاز طبیعی (شیر، شیر سویا و...) با یک محیط اسیدی (فاز میوه؛ شامل پالپ، کنسانتره ی میوه و...) تشکیل شده‌اند که می‌توانند طعم‌دار بوده و به آن شکر و پایدار کننده نیز اضافه می‌شود (۱۱). امروزه با توجه به اهمیت مسائل مربوط به اقتصادی بودن تولید، به ویژه کوتاه کردن زمان و به منظور تهیه ی سریع تر، به صرفه تر و نیز جلوگیری از مشکلات ناشی از استفاده ی کشت های باکتریایی (فعالیت متغیر و ناهمگن، ناخالص بودن کشت های باکتریایی و حضور انواع مختلف باکتری ها در کشت) از روش های اسیدی کردن مستقیم توسط اسیدهای خوراکی یا آب میوه ها استفاده می شود (۶). یکی از مشکلات عدیده در تولید نوشیدنی های اسیدی شیر، دوفاز شدن آن ها در طی تولید و نگه داری است که این مساله ناشی از رسوب کازئین موجود در شیر در  $pH=4/6$  است. زمانی که  $pH$  شیر کاهش می‌یابد برخی از پدیده ها از جمله کاهش پتانسیل زتا و تجمع برگشت ناپذیر شبکه سه بعدی کازئین در میسل ها اتفاق می افتد. ضمن فرآوری نوشیدنی های لبنی اسیدی شده به ویژه فرایند حرارتی که موجب افزایش تجمع پروتئین می شود و هموژنیزاسیون که باعث آسیب به شبکه ژلی می گردد، خواص فیزیکی شبکه تغییر نموده و ایجاد کازئینات می کند. در این شرایط رسوب ایجاد شده که برای جلوگیری از آن می توان از هیدروکلویدها (صمغ ها) استفاده نمود (۱۱). معمولاً جهت جلوگیری یا کاهش تجمع پروتئین (از قبیل کازئین) در شیرهای اسیدی شده از هیدروکلویدها استفاده می شود. گروهی از هیدروکلویدها با کاهش دافعه ی الکتروستاتیکی و کاهش دافعه ی استقرار فضایی اتم، باعث پایداری محیط می شوند (هیدروکلویدهای جذبی) و گروهی دیگر به وسیله ی افزایش ویسکوزیته ی فاز پیوسته

(هیدروکلویدهای غیرجذبی) باعث پایداری محیط می شوند. تاثیر مخلوط هیدروکلویدها بر ویسکوزیته با توجه به عملکرد هیدروکلویدهای به کار رفته متفاوت می باشد که برخی از آن‌ها دارای برهم کنش‌های قوی با یکدیگر بوده و برخی دیگر برهمکنش‌های ضعیف تری نشان می دهند. تعیین ویسکوزیته ی مخلوط هیدروکلویدها به علت خواص رئولوژیکی پیچیده ی آن‌ها، مشکل می باشد (۴). کربوکسی متیل سلولز (CMC)<sup>۲</sup> مشتق آنیونی سلولز بوده که در آب محلول و در حلال های آلی نامحلول است. این هیدروکلویدها یک پلی ساکارید بوده که در  $pH$  پائین با پروتئین‌های شیر کمپلکس تشکیل می‌دهد. کربوکسی متیل سلولز قادر است شیرهای اسیدی شده را به طور موقت پایدار کند (۹). کربوکسی متیل سلولز با افزایش پتانسیل زتا در نوشیدنی های اسیدی شیر موجب ایجاد دافعه ی الکتریکی بین ذرات کازئین شده و از جدا شدن فاز جلوگیری می کند (۵ و ۶). مواد پکتیکی پلی مرهای اسید آلفا گالاکتورنیک ها با درجه ی استریفیکاسیون مختلف هستند که با اتصالات (۴ → ۱) به هم متصل شده‌اند. دو فاکتور در تعیین خواص پکتین‌ها و مخصوصاً تشکیل ژل بسیار مهم است که شامل طول زنجیر پکتیکی و درجه ی استریفیکاسیون پکتین است. پکتین به علت توانایی زیاد در تشکیل ژل در محیط اسیدی - قندی آن‌ها به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. مولکول‌های پکتین به صورت مارپیچی بوده و پیوندهای هیدروژنی کم تری از پلیمرهای خطی نظیر سلولز را دارا هستند (۲). پکتین با درجه ی متوکسیل بالا رایج ترین صمغ (هیدروکلویدها) مورد استفاده جهت جلوگیری از جدا شدن آب پنیر در نوشیدنی های شیر اسیدی شده می باشد. محققان مشاهده کردند که پکتین با متوکسیل بالای اضافه شده به سیستم به صورت دو لایه در اطراف تجمعات کازئینی قرار می گیرد که لایه ی داخلی به شدت جذب این تجمعات شده و لایه ی خارجی در فاز سرمی قرار می گیرد و به این ترتیب باعث پایداری سیستم می شود (۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۱۴). استفاده از مخلوط دو یا چند صمغ در غذا برای استفاده از اثر همیاری آن‌ها بر روی یکدیگر می باشد که می تواند موجب بهبود خواص رئولوژیکی محصول شده و کاهش هزینه تمام شده در تولید

جدول ۱- نحوه ی کد گذاری تیمارها

نوع صمغ موجود در تیمارها	کد تیمارها
کربوکسی متیل سلولز	C <sub>3</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>1</sub>
پکتین	P <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> , P <sub>1</sub>
مخلوط کربوکسی متیل سلولز و پکتین	CP <sub>3</sub> , CP <sub>2</sub> , CP <sub>1</sub>

جهت تهیه ی تیمارهای نوشیدنی شیر- آب تمشک ابتدا صمغ یا مخلوط صمغ ها طبق مقادیر مندرج در جدول ۲ را با ۸٪ وزنی شکر مخلوط کرده و به حدود ۳۰٪ وزنی آب ۴۵ درجه ی سانتیگراد (آب مصرفی در تمامی نمونه ها معادل تفریق وزن کل از مجموع وزن های بقیه ی مواد ، محاسبه گردید) در حال هم زدن افزوده ، پس از ۵ دقیقه ۳۰٪ وزنی شیر پس چرخ تازه با ۰/۵٪ چربی را اضافه کردیم و پس از آن ۳۰٪ وزنی آب تمشک را به آن افزوده و پس از ۵ دقیقه مخلوط کردن نمونه را در دمای مذکور در فشار ۵۰ بار به مدت ۲ دقیقه با دستگاه هموژنایزر آزمایشگاهی (APV-1000، آلمان) یکنواخت کردیم و سپس آن را در بطری شیشه ای در دار ریخته و در دمای ۷۵ درجه ی سانتیگراد به مدت ۲۰ ثانیه در بن ماری (فن آزماگستر - ایران) قرار داده سپس آن را به سرعت در مخلوط آب و یخ قرار دادیم تا سریع خنک شود. حجم تیمارها به مقدار ۳۰۰ گرم تولید گردیده و در بطری های پت ۳۰۰ml به مدت ۳۰ روز جهت انجام آزمون ها در یخچال نگه داری شدند. مقادیر pH و بریکس تمامی نمونه های نوشیدنی شیر- آب تمشک یکسان می باشد که مقدار آن ها در دمای ۲۰ °C به ترتیب عبارتند از : ۱/۱±۰/۳، ۲/۲±۰/۱۴

محصول شود (۳). با توجه به بررسی های نگارندگان ، تاکنون پژوهش های محدودی در مورد مخلوط شیر- آب میوه ی اسیدی انجام گرفته است و در اکثر پژوهش ها از شیر بازساخته، کم یا بدون چربی یا شیر اسیدی شده با فرایند تخمیر استفاده شده و از آب میوه تنها به عنوان طعم دهنده به میزان بسیار کم استفاده شده است (۶، ۱۱). لذا در پژوهش حاضر، امکان تولید یک فرآورده ی شیر-آب میوه ی اسیدی که دارای پایداری مطلوب باشد مورد مطالعه قرار گرفت و بدین منظور اثر همیاری بین صمغ های کربوکسی متیل سلولز و پکتین به عنوان دو صمغ متداول در صنایع غذایی در ایجاد پایداری شیر- آب تمشک مورد ارزیابی قرار گرفت.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- مواد

هیدروکلوئیدهای مورد استفاده در این پژوهش شامل پکتین با درجه ی متوکسیل بالا از کشور آلمان (شرکت Danisco) و کربوکسی متیل سلولز از کشور چین (شرکت Sinochem-Fhaghai) تهیه شدند. تمشک (وارته *Rubus-saxatilis*) از بازارهای محلی شهرستان بابل خریداری شده و با آب میوه گیر خانگی (National، ژاپن) آبگیری گردید. آب تمشک حاصل جهت استفاده در آزمایش های روزانه در دمای ۱۸- درجه ی سانتی گراد نگه داری شد. آب تمشک دارای بریکس ۱۱±۰/۵ و pH ۳/۲±۰/۱ است. شیر پس چرخ تازه با ۰/۵ درصد چربی به طور روزانه از شرکت شاد شیر تهیه می شد. شکر از شرکت قند و شکر هفت تپه خوزستان خریداری شد.

### ۲-۲- روش تهیه ی تیمارهای نوشیدنی شیر-آب تمشک

با توجه به جدول ۱، تیمارها بر اساس محتوای نوع و مقدار صمغ کد گذاری شده اند. هر کد شامل ۳ اندیس با شماره های ۱، ۲ و ۳ است. اندیس ها نمایانگر غلظت های مختلف کل صمغ های موجود در تیمار به ترتیب از کم به زیاد می باشند.

جدول ۲- مقدار گرم هیدروکلوئیدهای موجود در ۱۰۰ گرم از

تیمار		
تیمارها	پکتین (%)	کربوکسی متیل سلولوز (%)
C <sub>1</sub>	-	۰/۲
C <sub>2</sub>	-	۰/۳
C <sub>3</sub>	-	۰/۳۵
P <sub>1</sub>	۰/۲	-
P <sub>2</sub>	۰/۳	-
P <sub>3</sub>	۰/۳۵	-
CP <sub>1</sub>	۰/۰۵	۰/۱۵
CP <sub>2</sub>	۰/۱	۰/۲
CP <sub>3</sub>	۰/۱۲	۰/۲۳

دستگاه سانتریفیوژ (Sigma<sup>۲</sup>-۱۶k، آلمان) قرار دادیم. سپس دور دستگاه را در ۲۵۰۰ rpm و زمان را بر روی ۱۰ دقیقه تنظیم کردیم. لازم به ذکر است که تمامی مقادیر از قبیل مقدار نمونه، دور دستگاه و زمان برای تمامی نمونه ها یکسان در نظر گرفتیم. سپس درصد رسوب از طریق رابطه ی ۱ محاسبه گردید.

رابطه ی (۱)

$$\text{درصد رسوب} = \frac{\text{طول رسوب تیمار در لوله}}{\text{کل طول تیمار در لوله}} \times 100$$

طول رسوب تیمار در لوله

## ۲-۵- ارزیابی آماری

برای مقایسه ی پایداری تیمارهای نوشیدنی شیر-آب تمشک، از نرم افزار SPSS14.0 و روش آنالیز واریانس یک طرفه<sup>۱</sup> و آزمون شفه<sup>۲</sup> استفاده شد. همچنین داده های آزمون اندازه گیری ویسکوزیته ی ظاهری با استفاده از نرم افزار EXCEL 2007 و مدل های ریاضی رگرسیون های خطی و غیر خطی به منظور تعیین بهترین مدل رئولوژیکی توصیف کننده رفتار جریان، مورد پردازش قرار گرفت. تمامی آزمایش ها در سه تکرار انجام شدند.

## ۱- نتایج و بحث

جهت پیش گویی رفتار جریانی تیمارهای نوشیدنی شیر-آب تمشک، میزان برآزش داده های رئولوژیکی با ۵ مدل رئولوژیکی ارزیابی شد و مناسب ترین مدل برای این تیمارها مدل قانون توان شناخته شد. چنانچه ویسکوزیته ی ظاهری تمامی تیمارها با افزایش سرعت برشی کاهش یابد، این نشان دهنده رفتار سودوپلاستیک است (۳). شکل های ۱، ۲ و ۳ نشان می دهند که تمامی تیمارها ی این پژوهش دارای رفتار شبه پلاستیک هستند. نتایج مشابه این یافته در بررسی های سایر محققین نیز مشاهده شد (۳ و ۵).

از آنجایی که هرچه شاخص رفتار جریان به ۱ نزدیک تر باشد، رفتار جریانی نمونه به مدل نیوتنی نزدیک تر است (۱۱)،

## ۲-۳- اندازه گیری ویسکوزیته ی ظاهری و برخی ویژگی

### های رئولوژیکی

برای تعیین ویسکوزیته ی ظاهری نوشیدنی شیر-آب تمشک با استفاده از دستگاه ویسکوزیتر چرخشی (Brookfield- DVII، آمریکا)، ۳۰۰ ml از تیمار مورد نظر در بشر ۵۰۰ ریخته شده و اسپیندل (برحسب نوع محصول اسپیندل مناسب روی دستگاه نصب می گردد) متصل به دستگاه ویسکوزیتر تا محل علامت در داخل محلول فرو می رود و ویسکوزیته ی ظاهری بر حسب پاسکال ثانیه (pa.s) به صورت تابعی از سرعت برشی برای تعیین نوع رفتار جریانی نمونه ها در محدوده ی سرعت برشی  $0.3 \text{ s}^{-1}$  تا ۱۰۰ اندازه گیری شد. در تمامی سرعت ها عددها در محدوده ی زمانی ۲ دقیقه خوانده شدند و دمای نمونه ها ۲۰ درجه ی سانتیگراد بود. نمره ی اسپیندل مورد استفاده نیز ۶۱ بوده است (۱). همچنین داده های به دست آمده از این آزمون جهت به دست آوردن نوع رفتار جریان تیمارها، با مدل های رئولوژیکی نیوتنی، قانون توان، بینگهام، هرشل- بالکلی و کاسون مورد ارزیابی قرار گرفتند (۴).

## ۲-۴- اندازه گیری درصد رسوب

جهت بررسی پایداری نمونه در حین نگه داری میزان رسوب پروتئین ها و دیگر اجزایی که در حین نگه داری تیمارها رسوب کردند را اندازه گیری کردیم. به این منظور فاکتوری به نام درصد رسوب را طبق فرمول ۱ تعریف کردیم و برای تعیین آن مقدار ۸ ml از تیمار را در لوله آزمایش ریخته و آن را در

جدول ۳- مقایسه ی شاخص رفتار جریان و شاخص قوام تیمارها\*

تیمارها	شاخص قوام (k) (pa.sn)	شاخص رفتار جریان (n)
C <sub>1</sub>	<sup>a</sup> ۷۶۲/۹ ± ۳/۲ **	<sup>a</sup> ۰/۳۰۸ ± ۱/۲
C <sub>2</sub>	<sup>b</sup> ۱۱۸۴/۱ ± ۱/۴	<sup>b</sup> ۰/۲۶۷ ± ۱/۸
C <sub>3</sub>	<sup>b</sup> ۱۲۸۶/۵ ± ۱/۸	<sup>b</sup> ۰/۲۵ ± ۳/۶
P <sub>1</sub>	<sup>c</sup> ۲۴۱/۷ ± ۲/۸	<sup>c</sup> ۰/۴۲۸ ± ۳/۸
P <sub>2</sub>	<sup>c</sup> ۲۶۱/۷۱ ± ۳/۹	<sup>d</sup> ۰/۳۷۱ ± ۱/۵
P <sub>3</sub>	<sup>d</sup> ۳۸۵/۹۶ ± ۲/۳	<sup>d</sup> ۰/۳۸۲ ± ۲/۱
CP <sub>1</sub>	<sup>e</sup> ۱۰۲۶ ± ۳/۵	<sup>e</sup> ۰/۳۲۴ ± ۳/۳
CP <sub>2</sub>	<sup>b</sup> ۱۱۷۳/۵ ± ۲/۷	<sup>b</sup> ۰/۲۶۲ ± ۱/۴
CP <sub>3</sub>	<sup>f</sup> ۲۰۲۴/۱ ± ۱/۳	<sup>f</sup> ۰/۲۳۷ ± ۲/۵

\* جهت محاسبه ی شاخص های رئولوژیکی تیمارها از مدل توان استفاده شده است.

\*\* تیمارهای دارای حروف یکسان، در سطح  $p \leq 0/05$  بایکدیگر تفاوت معنی داری ندارند

طبق داده های جدول ۳ تیمارهای حاوی پکتین نسبت به بقیه ی تیمارها دارای رفتار جریانی نزدیک تر به مدل نیوتنی هستند که این با نتایج به دست آمده به وسیله ی پژوهشگران مبنی بر مشاهده رفتار جریانی نزدیک به مدل نیوتنی در نوشیدنی های شیر- آب میوه ( یک درصد کنسانتره ی تمشک و تنظیم pH در حدود ۳/۹۵ با اسید سیتریک ) پایدار شده توسط پکتین، مطابقت دارد (۹).

با توجه به داده های جدول ۴ ویسکوزیته ی ظاهری نمونه های حاوی مخلوط پکتین و کربوکسی متیل سلولز (CP<sub>1</sub>,CP<sub>2</sub>,CP<sub>3</sub>) دارای ویسکوزیته ی ظاهری بیش تری نسبت به نمونه های حاوی کربوکسی متیل سلولز (C<sub>1</sub>,C<sub>2</sub>,C<sub>3</sub>) و تا حدودی پکتین (P<sub>1</sub>,P<sub>2</sub>,P<sub>3</sub>) می باشد.

تفاوت ویسکوزیته ی ظاهری مخلوط صمغ ها (هیدروکلوئیدها) با هریک از صمغ ها به تنهایی درغلظت برابر به اثر همیاری این دو هیدروکلوئید بر هم بر می گردد که به صورت شاخص ویسکوزیته ی همیاری (رابطه ی ۲) بیان می شود (۷).

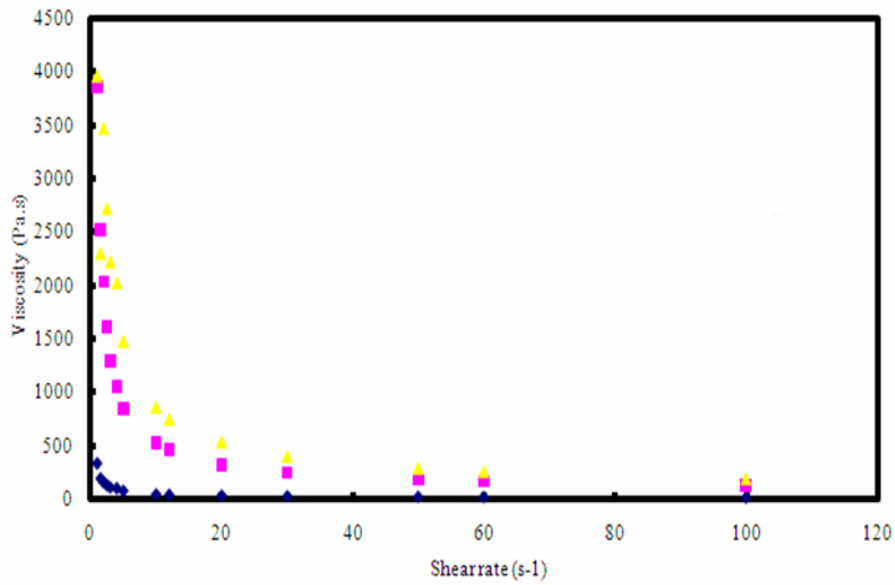
$$I_V = \frac{\eta_{(i+j)}}{\eta_i + \eta_j} \quad \text{رابطه ی (۲)}$$

جدول ۴- مقایسه ی میانگین ویسکوزیته ی ظاهری (pa.s) تیمارها در سرعت برشی  $6 \text{ s}^{-1}$  و دمای  $20^\circ\text{C}$  در روز سی ام

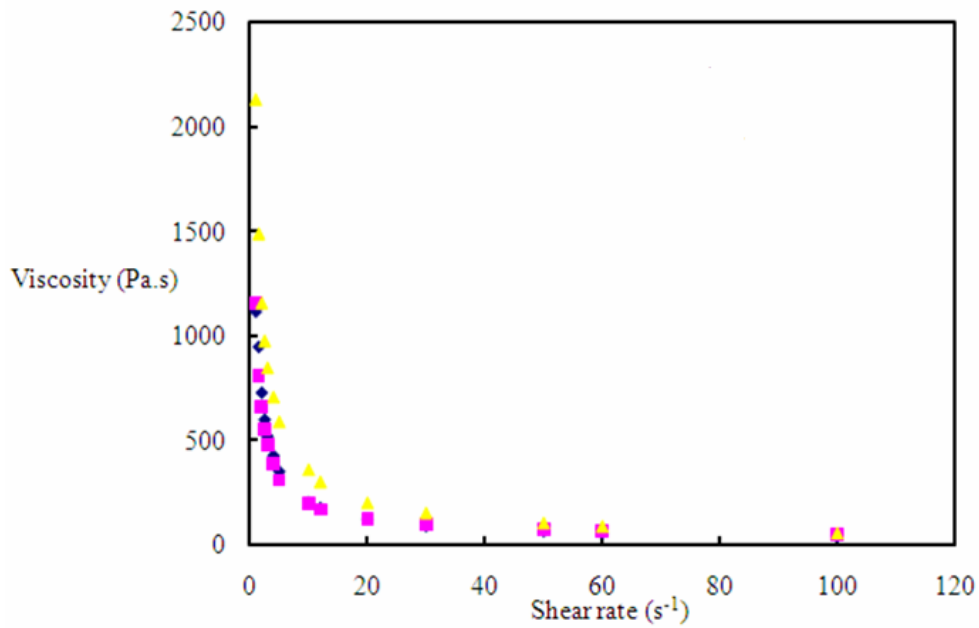
تیمارها	X ± SD (pa.s)
C <sub>1</sub>	<sup>a</sup> ۴۶/۱ ± ۲/۳ *
C <sub>2</sub>	<sup>b</sup> ۶۶/۵ ± ۳/۵
C <sub>3</sub>	<sup>b</sup> ۷۲/۵ ± ۱/۶
P <sub>1</sub>	<sup>a</sup> ۵۰/۷ ± ۱/۸
P <sub>2</sub>	<sup>c</sup> ۹۷ ± ۳/۳
P <sub>3</sub>	<sup>d</sup> ۱۶۵ ± ۲/۹
CP <sub>1</sub>	<sup>e</sup> ۱۱۱ ± ۱/۷
CP <sub>2</sub>	<sup>e</sup> ۱۱۵ ± ۳/۲
CP <sub>3</sub>	<sup>f</sup> ۱۲۷ ± ۱/۳

\* تیمارهای دارای حروف یکسان، در سطح  $p \leq 0/05$  بایکدیگر تفاوت معنی داری ندارند. تیمارهای دارای حروف متفاوت، در سطح  $p \leq 0/05$  بایکدیگر تفاوت معنی دار دارند.

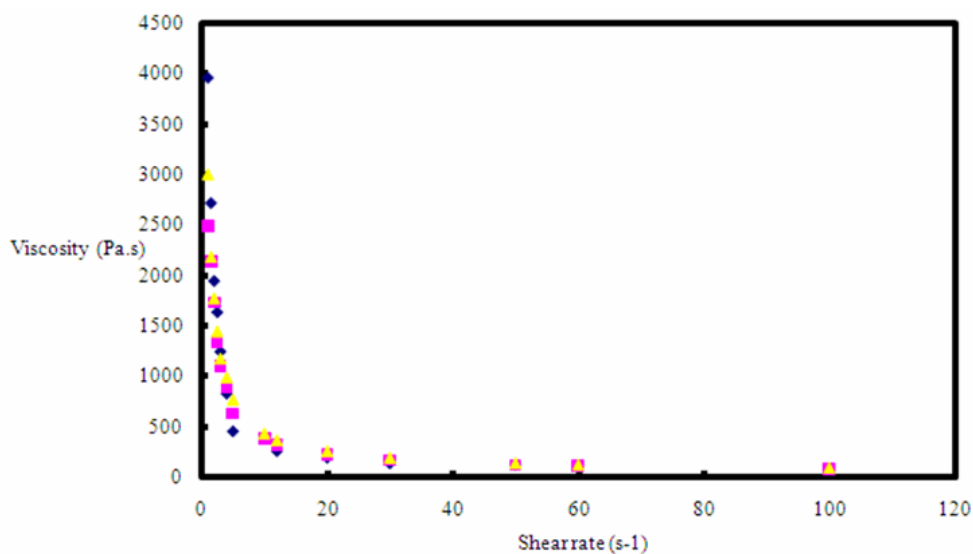
در این فرمول  $\eta_i$  و  $\eta_j$  معادل ویسکوزیته ی ظاهری (pa.s) هرکدام از صمغ ها به تنهایی و  $\eta_{i+j}$  معرف ویسکوزیته ی ظاهری مخلوط دو صمغ است و  $I_V$  معادل شاخص ویسکوزیته ی همیاری می باشد. اگر مقدار این شاخص  $I_V < 0/5$  باشد نشان دهنده ی برهمکنش ناهمیاری دو صمغ بوده و اگر این عدد به صورت  $I_V < 1$  باشد نشان دهنده ی برهمکنش همیاری صمغ های مورد نظر می باشد و اگر مقدار  $I_V = 0/5$  باشد نمایانگر این است که این این صمغ ها هیچ برهمکنشی با یکدیگر ندارند. مقایسه ی اثر همیاری مخلوط پکتین و کربوکسی متیل سلولز در جدول ۵ آمده است (۷).



شکل ۱- رئوگرام ویسکوزیته ی ظاهری نمونه های  $p_1$  (♦),  $p_2$  (■),  $P_3$  (▲) در روز سی ام



شکل ۲- رئوگرام ویسکوزیته ی ظاهری نمونه های  $C_1$  (♦),  $C_2$  (■),  $C_3$  (▲) در روز سی ام



شکل ۳- رئوگرام ویسکوزیته ی ظاهری نمونه های CP<sub>1</sub> (♦), CP<sub>2</sub> (■), CP<sub>3</sub> (▲) در روز سی ام

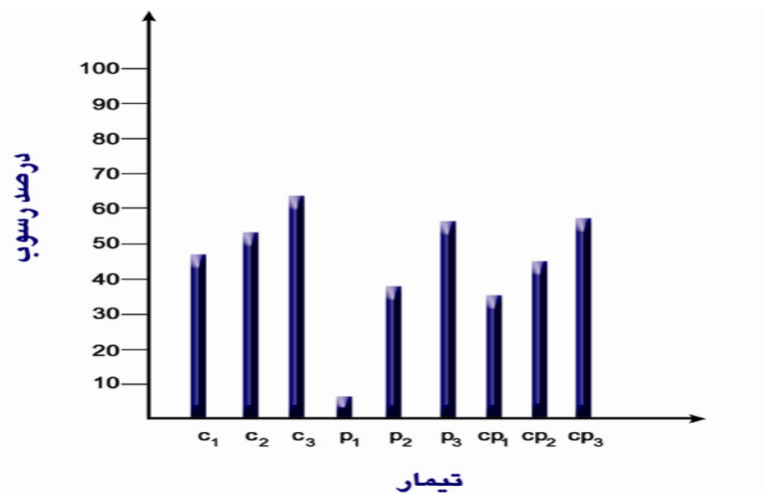
جدول ۵- مقایسه ی اثر همیاری بین پکتین و کربوکسی متیل سلولز با استفاده از داده های ویسکوزیته ی ظاهری (pa.s) در سرعت برشی s<sup>-1</sup>

۶ و دمای 20 °C در روز سی ام

تیمارها	$\eta_{(i+j)}$	$\eta_i + \eta_j$	$\eta_j^{**}$	$\eta_i^*$	$I_v$	برهمکنش
CP <sub>1</sub>	۱۱۱	۹۶/۴	۵۰/۳	۴۶/۱	۱/۱۵	همیاری
CP <sub>2</sub>	۱۱۵	۱۶۳/۵	۹۷	۶۶/۵	۰/۷	همیاری
CP <sub>3</sub>	۱۲۷/۵	۲۴۷/۵	۱۷۵	۷۲/۵	۰/۵	بدون بر همکنش

\* ویسکوزیته ی ظاهری کربوکسی متیل سلولز به تنهایی

\*\* ویسکوزیته ی ظاهری پکتین به تنهایی



شکل ۴- مقایسه ی میانگین تشکیل رسوب تیمارها در مدت ۳۰ روز نگه داری

جدول ۶- مقایسه ی میانگین درصد رسوب در تیمارها در مدت ۳۰ روز نگه داری

X ± SD (%)*	تیمارها
۴۳/۵۳ ± ۱/۲ <sup>a **</sup>	C <sub>1</sub>
<sup>b</sup> ۵۳/۳ ± ۲/۴	C <sub>2</sub>
<sup>c</sup> ۶۳/۵۳ ± ۳/۸	C <sub>3</sub>
<sup>d</sup> ۴/۷ ± ۴/۵	P <sub>1</sub>
<sup>e</sup> ۳۸/۸۲ ± ۱/۰۲	P <sub>2</sub>
<sup>b</sup> ۵۸/۸۲ ± ۲/۶	P <sub>3</sub>
<sup>e</sup> ۳۶/۴۷ ± ۳/۳	CP <sub>1</sub>
<sup>a</sup> ۴۵/۸۸ ± ۳/۲	CP <sub>2</sub>
<sup>b</sup> ۵۸/۸۲ ± ۱/۳	CP <sub>3</sub>

\*اعداد بر حسب درصد رسوب جدا شده از ۸ میلی لیتر نمونه

\*\* تیمارهای دارای حروف یکسان، در سطح  $p \leq 0/05$  بایکدیگر تفاوت معنی داری ندارند.



حضور کربوکسی متیل سلولز، جذب پکتین بر روی میسل های کازئینی را کاهش می دهد.

#### ۴- نتیجه گیری

همان طور که اشاره شد، استفاده از صمغ ها جهت ایجاد پایداری در نوشیدنی شیر- آب تمشک امری ضروری می باشد. پکتین سبب افزایش خواصیت قوام دهندگی و پایدارکنندگی کربوکسی متیل سلولز می شود. با توجه به داده های این تحقیق، غلظت بهینه دو صمغ پکتین و کربوکسی متیل سلولز به تنهایی و در مخلوط (با نسبت ۲۵:۷۵) برای پایداری نوشیدنی شیر- آب تمشک، ۰/۳ درصد بوده است. بنابراین، از آن جا که کربوکسی متیل سلولز ارزش اقتصادی کم تری نسبت به پکتین دارد با به کار بردن مخلوط این دو صمغ می توان قیمت تمام شده جهت تولید نوشیدنی شیر- آب تمشک را کاهش داد.

#### ۵- سپاس گزاری

از مسوولان محترم شرکت صنایع غذایی بابل آب که تامین کلیه ی تسهیلات مالی و تجهیزاتی این پژوهش را به عهده داشتند، صمیمانه قدردانی می شود.

#### ۶- منابع

۱- رضوانی، ا. ۱۳۸۲. بررسی عوامل موثر بر پایداری امولسیون نوشیدنی، پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی کشاورزی، علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات، دانشکده ی کشاورزی.

۲- قنبر زاده ب. ۱۳۸۲. مبانی شیمی مواد غذایی. انتشارات آییژ، تهران، صفحات ۱۳۱-۱۳۰.

3-Abuín, A.G. Díaz, D. G. Navaza, J. M. and Quintáns-Riveiro, L.C. 2009. Viscosimetric behaviour of carboxymethyl cellulose - Arabic gum mixtures: a new step to modeling. *Carbohydrate Polymers*, 67:112-121.

4-Azarikia, F. and Abbasi, S. 2009. On the stabilization mechanism of Doogh (Iranian yoghurt drink) by gum tragacanth. *Food Hydrocolloids*, 50: 87-94.

همان طور که جدول ۴ نشان می دهد، پکتین و کربوکسی متیل سلولز در غلظت های پایین تر اثر همیاری بیشتری بر یکدیگر دارند. استفاده از مخلوط دو صمغ که بر هم اثر همیاری ندارند از لحاظ اقتصادی توجیهی ندارد (۸).

مطابق جدول ۶ و شکل ۴ و نتایج میانگین رسوب ۹ تیمار مورد بررسی نوشیدنی شیر- آب تمشک در مدت ۳۰ روز ننگه داری، تیمارهای P<sub>1</sub>، P<sub>2</sub> و CP<sub>1</sub> بالاترین پایداری را داشتند. این سه تیمار در صفت پایداری با یکدیگر اختلاف داشتند که این اختلاف از نظر آماری، معنی دار بود (p<0/05). شش تیمار دیگر هم در ویژگی پایداری نوشیدنی شیر- آب تمشک با یکدیگر اختلاف معنی داری داشتند (p<0/05). پایداری این شش تیمار در سطح معنی داری (p<0/05) کم تر از سه تیمار قبل بود. تشکیل رسوب در نوشیدنی شیر- آب تمشک حاوی ۰/۳۵ درصد صمغ به میزان قابل ملاحظه و معنی داری بیش از سایر تیمارها بود که این یافته با گزارش سایر محققان مبتنی بر افزایش دو فاز شدن نوشیدنی های شیر اسیدی شده در مدت ننگه داری با افزایش غلظت کربوکسی متیل سلولز بیش از ۰/۲٪ و پکتین بیش از ۰/۳٪، مطابقت دارد (۶).

همچنین با مقایسه ی تیمارهای دارای پکتین با دیگر تیمارها نشان داده شد که جایگزین کردن ۰/۱۵، ۰/۲ و ۰/۲۳ درصد پکتین به جای کربوکسی متیل سلولز در تیمارهای CP<sub>1</sub>، CP<sub>2</sub>، CP<sub>3</sub> درصد رسوب را به ترتیب ۱۶/۳، ۱۵ درصد و ۸ درصد نسبت به تیمارهای حاوی کربوکسی متیل سلولز به تنهایی کاهش داده و به ترتیب به میزان ۸۰۰ درصد، ۱۸/۴ درصد و ۰ درصد نسبت به تیمارهای حاوی پکتین به تنهایی افزایش می دهد.

از آن جا که کربوکسی متیل سلولز با ایجاد دافعه ی الکتروستاتیکی بین میسل های کازئینی مانع از تجمع آن ها می شود و در غلظت های بالاتر پلی ساکاریدها، برهمکنش های دافعه ای بین میسل های کازئینی بیش از حد شده و با ایجاد تجمع دوباره این ذرات دو فاز شدن نوشیدنی شیر اسیدی شده افزایش می یابد (۶). احتمالاً پکتین با درگیر کردن گروه های هیدروکسیل موجود در ساختار کربوکسی متیل سلولز اثر دافعه ای آن ها بر میسل های کازئینی را تعدیل کرده، به این ترتیب سبب بهبود پایدارکنندگی کربوکسی متیل سلولز می شود اما

5-Bayarri, S. González-Tomás, E. and Costell, L. 2009. Viscoelastic properties of aqueous and milk systems with carboxymethyl cellulose. *Food Hydrocolloids*, 23:441-450.

6-Du, B. Zhang, J. Li. H. Huang, L. Chen, P. and Zho, J. 2009. Influence of molecular weight and degree of substitution of carboxymethylcellulose on the stability of cidified milk drinks. *Food Hydrocolloids*, 23: 1420–1426.

7-Ghotra, B. Vasanthan, T. and Temelli, F. 2009. Rheological properties of aqueous blends of high purity barley  $\beta$ -glucan with high purity commercial food gums. *Food Chemistry*, 117:417-425.

8-Hernandez, M. J. Dolz, J. Dolz, M. Delegido, J. and Pellicer, J. 2001. Viscous synergism in carrageenans (j and k) and locust bean gum mixtures: influence of adding sodium carboxymethylcellulose. *Food Science and Technology International*, 7:383–391.

9-Janhoj, T. Bom, F. and Ipsen, M. R. 2007. Sensory and rheological characterization of acidified milk drinks. *Food Hydrocolloids*, 22:798-806.

10-Jensen, S. Rolin, C. and Ipsen, R. 2009. Stabilisation of acidified skimmed milk with HM pectin. *Food Hydrocolloids*, 17:505-525.

11-Lauren, M. A. and Boulenguer, P. 2003. Stabilization mechanism of acid dairy drinks (ADD) induced by pectin. *Food Hydrocolloids*, 17:445-454.

12-Sejersen, M.T. Salomonsen, T. Ipsen, R. Clark, R. Rolin, C. and Engelsen, S.B. 2007. Zeta potential of pectin-stabilised casein aggregates in acidified milk drinks. *International Dairy Journal*, 17: 302–307.

13-Surh, J. Decker, E. A. and Mclements, D. J. 2006. Influence of pH and pectin type on properties and stability of sodium-caseinate stabilized oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 20:607-618.

14-Tromp, G. Kruij, R. H. Eijk, C. and Rolin, C. 2004. On the mechanism of stabilisation of acidified milk drinks by pectin. *Food Hydrocolloids*, 18:565-572.