(مقاله پژوهشی)

بررسی کارایی صمغ‌های کربوکسی متیل سلولز و کاپاکاراگینان در پایدار سازی شیرکاکائو با پروتئین کاهش‌یافته

فرشته شهاب نوایی[۱]، آرزو قادی [۲*]، شهرام نقی زاده رئیسی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه علوم وصنایع غذایی، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۲-استادیار، گروه مهندسی شیمی، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

۳-استادیار،گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۹ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹/۰۹/۰۸

چکیده

درصنعت لبنیات برای پایدارسازی امولسیون‌هایی نظیر شیرکاکائو می توان از صمغ های طبیعی بهره برد. از انواع این گونه صمغ‌ها می‌توان به کربوکسی‌متیل‌سلولز وکاپاکاراگینان اشاره کرد، که به عنوان حجم دهنده، قوام دهنده، تثبیت‌کننده، آغازگر و امولسیفایر در صنایع غذایی کاربرد دارند. بنابر چالش‌های پیش آمده در شیوه‌های نگهداری شیرکاکائو، در پژوهش حاضر به بررسی اثر صمغ‌های کاپاکاراگینان، کربوکسی متیل سلولز و ترکیب آن‌ها بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی شیر کاکائو با دو سطح پروتئین کاهش یافته (۲/۴ و ۲/۶ درصد) پرداخته شده است. بدین منظور با اندازه‌گیری pH، مواد جامد محلول، ویسکوزیته ظاهری، میزان رسوب و پارامترهای رنگی طی نگهداری به مدت ۵ ماه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد اثر صمغ‌های مذکور بر پایداری امولسیون شیرکاکائو بررسی گردید. به‌علاوه پس از انجام آزمایش حسی شیر کاکائو شامل رنگ، بافت و عطر و طعم طی دوره نگهداری در فواصل زمانی ۵ روزه، مشاهده شد که با افزایش غلظت هیدروکلوئید، مواد جامد محلول، ویسکوزیته ظاهری و شاخص اشباعیت افزایش می‌یابد در حالی‌که pH، رسوب و شاخص زردی و قرمزی کاهش خواهد داشت. نمونه های حاوی ۰/۱ درصد صمغ ترکیبی بالاترین امتیاز ارزیابی حسی را نشان دادند. بر اساس نتایج بدست آمده از ارزیابی‌های فیزیکوشیمایی و حسی، با استفاده از ۰/۱ درصد صمغ ترکیبی کاپاکاراگینان:کربوکسی متیل سلولز برای تهیه شیر کاکائو با میزان پروتئین در محدوده ۲/۴ تا ۲/۶ درصد می‌توان به ویژگی‌های پایدار در شیر کاکائو دست یافت.

واژه های کلیدی: پایداری، شیر کاکائو، کاپاکاراگینان، کربوکسی متیل سلولز.

[*] مسئول مکاتبات:a.ghadi@iauamol.ac.ir

۱- مقدمه

شیرکاکائو یکی از محبوب‌ترین انواع نوشیدنی‌های شیری یا بر پایه شیر است که عموما از شیر، شکر، پودر کاکائو و برخی‌از هیدروکلوئیدها که به منظور بهبود قوام و جلوگیری از رسوب مورد استفاده قرار می‌گیرند، تهیه می‌شود. بنابر تعریف استاندارد ملی ایران شیرکاکائو فرآورده‌ای شیری است که در تهیه آن از پودرکاکائو و مواد پایدارکننده استفاده شده است که این شیر با استفاده از پاستوریزه کردن و یا فرآیندهای فرادمایی تولید و سالم سازی شده است. یکی از مشکلاتی که در طی انبارداری شیرکاکائو اتفاق می‌افتد مساله دو فاز شدن و رسوب ذرات شیر کاکائو است، به طوری‌که ویژگی‌های‌کیفی شیرکاکائو تنها به طعم و رنگ محدود نمی‌شود و معمولاً مصرف کننده در نگاه اول به میزان رسوب ذرات کاکائو در انتهای بطری توجه می‌کند و وجود یک لایه کاکائو به همراه ترکیبات جمع شده در ته بطری از نظر مصرف‌کننده خوشایند نیست(۲۷). در بین پایدارکننده‌های مورد استفاده در شیرکاکائو در حد وسیعی ازکاپاکاراگینان‌وکربوکسی‌متیل‌سلولز استفاده می‌شود(۱۱). صمغ‌های‌خوراکی اکثراً از مشتقات سلولز از قبیل کربوکسی متیل‌سلولز تشکیل شده‌اند. صمغ ها، بیو پلیمرهایی آبدوست با ساختمانی پلی ساکاریدی یا پروتئینی هستند که بر اساس قانون‌استوک با به تاخیرانداختن حرکت قطره‌های فاز پراکنده و افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته سبب پایداری امولسیون‌می‌شوند(۸,۱۱).کربوکسی‌متیل‌سلولز هیدروکلوئید خاصی است که با توجه به خصوصیات رئولوژیکی خاص آن‌کاربرد بسیار گسترده ای در محصولات غذایی و دارویی مانند سس مایونز، پالپ میوه در نوشیدنی ها، بستنی، شکلات و محصولات نانوایی داشته و به عنوان عامل تغلیظ کننده ، پایدار کننده و نگهدارنده آب، در فرمولاسیون مورد استفاده قرار می گیرد(6, 24). کربوکسی متیل سلولز از طریق واکنش بین سلولز با هیدروکسید سدیم و اسید کلرواستیک، یک پلیمر آنیونی انحلال پذیر در آب تولید می‌کند. نقش هیدروکسید سدیم باز کردن ساختمان کریستالی جهت اثر کلرواستیک می باشد. کاپاکاراگینان از خزه ایرلندی استخراج می شود. کاپاکاراگینان یک پلی ساکارید خطی با وزن مولکولی بالا متشکل از واحدهای تکراری گالاکتوز و ۳و۶- انهیدروگالاکتوز می باشد(۲). در بین پایدار کننده‌های مورد استفاده در شیرکاکائو در حد وسیعی از کاپاکاراگینان استفاده می‌شود که دلیل آن رفتار منحصر به فرد مخلوط کاپاکاراگینان و شیر، ناشی از تاثیر متقابل‌مولکول‌های کاپاکاراگینان با میسل‌های کازئین است. کاپاکاراگینان‌موجب‌افزایش پایداری وکاهش میزان رسوب شیرکاکائو می شود، همچنین استفاده از پایدارکننده‌های کاپاکاراگینان، آلژینات و کربوکسی متیل سلولز موجب افزایش ویسکوزیته شیرکاکائو می‌گردد(۲۶). هدف از این پژوهش بررسی تاثیر دو صمغ کربوکسی متیل سلولز و کاپاکاراگینان بر روی شیرکاکائو با درصد پروتیئن کاهش یافته به منظور کاهش درصد دوفاز شدن و بهبود خواص کیفی این نوشیدنی لبنی می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- تهیه مواد اولیه

کربوکسی‌متیل‌سلولز، مونودی‌گلیسریدو نشاسته پیش ژلاتینه از شرکت کارگیل آمریکا خریداری شد. کاراگینال از شرکت دانیسکو دانمارک و پودر کاکائو از شرکت گاراتو برزیل تهیه شد. بافر ۴، ۷، ۹، اگزالات پتاسیم، فنل فتالئین و فرمالین از شرکت مرک آلمان خریداری شد. وانیل از شرکت گل ها ایران، شکر از شرکت پردیس ایران و شیر ۳٪ چربی از شرکت کاله تهیه شد. حلال‌ها نیز از بازار محلی خریداری شدند.

۲-۲- اندازه گیری پروتئین شیر

اندازه‌گیری پروتئین شیر با استفاده از روش تیتراسیون فرمل انجام شد. بدین منظور۱۰ میلی لیتر نمونه شیر درون ارلن مایر توزین شد و ۵ میلی لیتر اگزالات پتاسیم اشباع به محتویات ارلن اضافه شد. در ادامه برای خنثی کردن اسید ناشی از تخمیر لاکتوز محلول در حضور معرف فنل‌فتالئین ۱درصدتا ظهوررنگ صورتی کمرنگ با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تیتر شد. سپس ۲ میلی لیتر فرمالین به محلول فوق

اضافه شد و بعد از بلوکه شدن عامل های آمینی، با استفاده از سود تیتر شد. یک نمونه شاهد که حاوی تمام ترکیبات به جز شیر بود نیز انتخاب شد و در نهایت مقدار پروتئین از رابطه ۱ بدست آمد(۲۱).

(رابطه۱)

(a -b)۱/۷=درصد پروتئین

در رابطه ۱، a حجم سود ثانویه برای نمونه و b حجم سود برای شاهد است.

۲-۳- تهیه شیر کاکائو

تنظیم پروتئین شیر با استفاده از موازنه جرم انجام شد. بعد از تنظیم پروتئین شیر در دو مقدار ۲/۴ و ۲/۶ درصد، تهیه شیر کاکائو با روش‌عباسی و دیکسون انجام شد(۱). مقادیر کاپاکاراگینان و کربوکسی متیل سلولز به صورت جدا و ترکیبی در مقادیر ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد به شیر اضافه شد. یک نمونه به عنوان کنترل بدون پایدار کننده در نظر گرفته شد. تمامی ترکیبات خشک مورد استفاده در فرمولاسیون با استفاده از اشعه فرابنفش استریل شد.۵۰ درصداز شیردریافتی به منظور حل شدن بهتر ترکیبات پایدار کننده تا دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد گرم شد و مواد خشک و پایدارکننده‌ها در شرایط استریل به شیراضافه شد. عمل همزدن شیر با استفاده از هات پلیت مغناطیسی استریل و در شرایط استریل به مدت ۲۰ دقیقه ادامه یافت تا دما به ۵۰ درجه‌سانتیگراد برسد و ترکیبات به خوبی در شیر حل شوند. در نهایت نمونه های شیر کاکائو تهیه شده در داخل ظروف استریل پر شد و به مدت ۵ ماه در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شد. در روزهای ۱، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ آزمون های مربوطه انجام شد(۱, ۱۵).

۲-٤- مواد جامد محلول

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول نمونه‌های شیر کاکائو از رفراکتومتر دیجیتالی استفاده شد. ابتدا رفراکتومتر با آب مقطر خالص بر روی عدد صفر تنظیم شد و سپس چند قطره از نمونه برروی منشور رفراکتومتر قرارگرفت. نتایج بر حسب میزان بریکس در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد گزارش گردید(۲۷).

۲-۵- اندازه‌گیری pH

برای اندازه‌گیری pH از روش استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ استفاده شد. بدین منظور ابتدا pHمتر دیجیتالی با استفاده از بافرهای ۴، ۷ و ۹ کالیبره شد. سپس الکترود pH متر درون نمونه‌های شیر قرار گرفت و بعد از ثابت شدن عدد pHمتر، مقدار pH در دمای اتاق قرائت و ثبت شد.

۲-٦- اندازه‌گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها با استفاده از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد اندازه‌گیری شد. تیمارها به طور جداگانه در مخزن دستگاه ریخته شدند و از اسپیندل شماره۳۰ که مناسب سیالاتی مانند شیر کاکائو است، استفاده گردید. با توجه به دستورالعمل شرکت سازنده، اسپیندل مناسب جهت اندازه‌گیری ویسکوزیته، اسپیندلی است که در سرعت مورد نظر گشتاوری بالاتر از ۱۰درصد را نشان دهد. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اسپیندل ۳۰ متصل به دستگاه در داخل مخزن قرار داده شد و در ۴۲ دور در دقیقه و رسیدن نرخ برش دستگاه به ۵۰ (یک بر ثانیه) عدد مربوط به ویسکوزیته قرائت شد(۲۰).

۲-۷- اندازه‌گیری میزان رسوب

برای اندازه‌گیری میزان رسوب ابتدا۲۰گرم از نمونه‌های شیر کاکائو در لوله‌های سانتریفوژ توزین شد. لوله‌ها در دستگاه سانتریفوژ با سرعت ۵۶۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ شدند. سپس قسمت‌های محلول از لوله جدا شد و بخش رسوب در آون با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۶ ساعت خشک شد. بعد از خشک‌شدن وزن آن اندازه‌گیری و نتایج بر اساس‌گرم در صدگرم شیرکاکائو گزارش گردید(۲۵, ۱۰).

۲-۸- اندازه‌گیری پارامترهای رنگی

برای اندازه‌گیری پارامترهای‌رنگی‌ازدستگاه هانترلب استفاده شد. بدین‌منظورنمونه‌های شیر کاکائو درون پلیت مخصوص ریخته شدند و سه قرائت مختلف از رنگ صورت گرفت. پارامترهای روشنایی ـ تیرگی (*L)، قرمزی-سبزی (*a)، زردی-آبی (*b)، اشباعیت (*C)و بعد رنگ (*h) اندازه‌گیری شد. برای کالیبرکردن دستگاه از کاشی سفید استاندارد استفاده گردید.

۲-۹- انجام ارزیابی حسی

برای انجام ارزیابی حسی نمونه‌های شیرکاکائو از روش هدونیک ۵ نقطه ای استفاده شد. بدین منظور از ۱۰ نفر ارزیاب آموزش دیده استفاده گردید. ۲مرد و ۳ زن به عنوان

۲-۱۰- تجزیه و تحلیل آماری

برای تعیین معنی‌دار بودن داده های آزمایشی از آزمون واریانس دو طرفه استفاده شد. همچنین برای تجزیه و تحلیل آماری داده ها از روش کاملا تصادفی و آزمون دانکن[1] و با استفاده از نرم افزار Minitab مقایسه و نمودارها و جداول با استفاده از نرم افزار Excel, 2011 رسم شدند. شایان ذکر است به منظور کاهش خطا، کلیه آزمایش‌ها با ۳ مرتبه تکرار انجام شده که برای هر یک از آن ها حد اطمینان در حدود ۹۵٪ به دست آمد.

جدول۱- تیمارهای مورد بررسی در پژوهش

نام اختصاری	میزان پروتئین (درصد)	میزان کاپاکاراگینان (درصد)	میزان کربوکسی متیل سلولز (درصد)
1Control	۲/٤	۰	۰
2Control	۲/٦	۰	۰
1KARA 0.01	۲/٤	۰/۰۱	۰
2KARA 0.01	۲/٦	۰/۰۱	۰
1KARA 0.05	۲/٤	۰/۰۵	۰
2KARA 0.05	۲/٦	۰/۰۵	۰
1KARA 0.1	۲/٤	۰/۱	۰
2KARA 0.1	۲/٦	۰/۱	۰
1CMC 0.01	۲/٤	۰	۰/۰۱
2CMC 0.01	۲/٦	۰	۰/۰۱
1CMC 0.05	۲/٤	۰	۰/۰۵
2CMC 0.05	۲/٦	۰	۰/۰۵
1CMC 0.1	۲/٤	۰	۰/۱
2CMC 0.1	۲/٦	۰	۰/۱
1MIX0.01	۲/٤	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
2MIX0.01	۲/٦	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
1MIX 0.05	۲/٤	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵
2MIX 0.05	۲/٦	۰/۰۲۵	۰/۰۲۵
1MIX 0.1	۲/٤	۰/۰۵	۰/۰۵
2MIX 0.1	۲/٦	۰/۰۵	۰/۰۵

1-Duncan

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مواد جامد محلول

از نتایج مربوط به تغییرات مواد جامد محلول در نمونه‌های مختلف طی دوره نگهداری مشاهده می‌شود که تغییرات مواد جامد محلول طی دوره نگهداری از نظر آماری با توجه به $p>0.05$ معنی‌دار نبود. اگر چه با گذشت زمان نگهداری مواد جامد محلول دارای روند ثابت افزایشی و کاهشی نبود ولی مشاهده شد که نمونه شاهد دارای کمترین مواد جامد محلول بود و با توجه به $p<0.05$ دارای اختلاف معنی دار آماری با سایر نمونه ها بود. براساس اطلاعات جدول ۲، نمونه‌های‌حاوی۰/۱درصد صمغ بالاترین مواد جامد محلول را داشتند. نمونه‌های حاوی ۰/۰۵ درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز و ۰/۵ درصد صمغ ترکیبی با توجه به$p>0.05$ باهم اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند .با افزایش مقدار هیدروکلوئید از ۰/۰۱ به ۰/۱درصد مقدار مواد جامد محلول افزایش یافت و صمغ کاپاکاراگینان مقدار مواد جامد محلول بالاتری ایجاد نمود. مشاهده شد که دو نمونه شیر از نظر میزان پروتئین (در مقدار صمغ برابر) با توجه به $p>0.05$ با یکدیگراختلاف‌معنی‌دارآماری‌نداشتندو نمونه‌های با محتوی پروتئین ۲/۶ درصد مواد جامد محلول بالاتری داشتند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مواد جامد محلول در این پژوهش با مطالعات مشابه مطابقت بالایی داشت(۱۲).

جدول۲- تغییرات مواد جامد محلول نمونه های مختلف طی دوره نگهداری (٪)

نام اختصاری	۱ (روز)	۳۰ (روز)	٦۰ (روز)	۹۰ (روز)	۱۲۰ (روز)	۱۵۰ (روز)	انحراف معیار
1Control	15.04Ad	15.11Ad	15.08Ad	15.04Ad	15.05Ad	15.08Ad	0.03
2Control	15.14Ad	15.13Ad	15.14Ad	15.14Ad	15.13Ad	15.11Ad	0.01
1KARA 0.01	16.34Ac	16.33Ac	16.3Ac	16.35Ac	16.31Ac	16.32Ac	0.02
2KARA 0.01	16.41Ac	16.42Ac	16.38Ac	16.41Ac	16.43Ac	16.46Ac	0.03
1KARA 0.05	17.17Ab	17.12Ab	17.17Ab	17.14Ab	17.14Ab	17.12Ab	0.02
2KARA 0.05	17.31Ab	17.35Ab	17.33Ab	17.36Ab	17.3Ab	17.32Ab	0.02
1KARA 0.1	18.49Aa	18.51Aa	18.47Aa	18.45Aa	18.47Aa	18.51Aa	0.02
2KARA 0.1	18.72Aa	18.75Aa	18.79Aa	18.73Aa	18.74Aa	18.72Aa	0.03
1CMC 0.01	16.25Ac	16.24Ac	16.28Ac	16.25Ac	16.22Ac	16.22Ac	0.02
2CMC 0.01	16.39Ac	16.37Ac	16.35Ac	16.4Ac	16.37Ac	16.38Ac	0.02
1CMC 0.05	17.02Ab	17.02Ab	17.04Ab	17.06Ab	17Ab	17.04Ab	0.02
2CMC 0.05	17.14Ab	17.17Ab	17.16Ab	17.17Ab	17.18Ab	17.15Ab	0.01
1CMC 0.1	18.17Aa	18.2Aa	18.15Aa	18.18Aa	18.19Aa	18.17Aa	0.02
2CMC 0.1	18.32Aa	18.33Aa	18.35Aa	18.3Aa	18.32Aa	18.36Aa	0.02
1MIX0.01	16.28Ac	16.26Ac	16.28Ac	16.29Ac	16.25Ac	16.27Ac	0.01
2MIX0.01	16.34Ac	16.36Ac	16.37Ac	16.39Ac	16.36Ac	16.34Ac	0.02
1MIX 0.05	17.13Ab	17.1Ab	17.12Ab	17.14Ab	17.12Ab	17.12Ab	0.01
2MIX 0.05	17.35Ab	17.33Ab	17.33Ab	17.34Ab	17.36Ab	17.3Ab	0.02
1MIX 0.1	18.42Aa	18.4Aa	18.42Aa	18.39Aa	18.41Aa	18.38Aa	0.02
2MIX 0.1	18.68Aa	18.71Aa	18.72Aa	18.71Aa	18.69Aa	18.68Aa	0.02

*حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

*حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

۳-۲- اندازه‌گیری pH

بر اساس‌اطلاعات جدول۲، روند تغییرات pH طی نگهداری با گذشت زمان در نمونه های مختلف کاهش یافت، بجز نمونه حاوی ۰/۰۱ و ۰/۰۵ درصد صمغ کاپاکاراگینان، ۰/۰۵ درصد کربوکسی متیل سلولز و ۰/۰۱ درصد صمغ ترکیبی که روند تغییرات کاهشی طی دوره نگهداری با توجه به $p<0.05$ از نظر آماری اختلاف معنی‌دار داشت. در سایر نمونه‌ها روند کاهش pH طی دوره نگهداری با توجه به $p>0.05$ معنی‌دار نبود. نمونه های حاوی مقادیر بالاتر صمغ pH پایین‌تری داشتند. همچنین در غلظت برابر هیدروکلوئید نمونه‌هایی که‌حاوی کربوکسی متیل سلولز بودندpH بالاتری داشتند. استفاده از کربوکسی متیل سلولز در فرمولاسیون شیرکاکائو منجر به افزایش pH شد. دلیل این امر را می‌توان به حضورگروه‌های کربوکسیل بالاتر در ساختار کربوکسی متیل سلولز نسبت به صمغ کاپاکاراگینان نسبت داد. افزایش پروتئین‌از ۲/۴ به ۲/۶ با توجه به $p>0.05$ تاثیر معنی‌دار آماری بر pH نمونه های شیر کاکائو نداشت. در نمونه‌های با مقادیربالاترپروتئینpH ثبات‌بالاتری داشت. فسفات‌کلسیم کلوئیدی، گروه‌های فسفات محلول، سیترات، بیکربنات و کازئین‌که تشکیل‌دهنده خاصیت بافری در شیر هستند با جلوگیری از یونیزه شدن گروه‌های مختلف و اثرات الکترو استاتیکی‌دیگراز تغییراتpH جلوگیری می‌نمایند۱۶, ۲۲).

جدول ۳-تغییرات pH نمونه های مختلف طی دوره نگهداری

نام اختصاری	۱ (روز)	۳۰ (روز)	٦۰ (روز)	۹۰ (روز)	۱۲۰ (روز)	۱۵۰ (روز)	انحراف معیار
1Control	6.9Aa	6.8Aab	6.8Aa	6.7Aa	6.7Aab	6.7Aab	0.08
2Control	6.9Aa	6.9Aa	6.8Aa	6.8Aa	6.8Aa	6.8Aa	0.05
1KARA 0.01	6.9Aa	6.9Aa	6.8Aba	6.8ABa	6.8ABa	6.7Bab	0.08
2KARA 0.01	6.9Aa	6.9Aa	6.9Aa	6.8ABa	6.8ABa	6.8ABa	0.05
1KARA 0.05	6.8Aab	6.8Aab	6.7ABb	6.7ABa	6.6Bbc	6.6Bbc	0.09
2KARA 0.05	6.8Aab	6.8Aab	6.7ABb	6.7ABa	6.7ABab	6.7ABab	0.05
1KARA 0.1	6.6Ac	6.5Ac	6.5Ab	6.6Aa	6.6Abc	6.5Ac	0.05
2KARA 0.1	6.6Ac	6.6Ac	6.5Ab	6.5Aa	6.5Ac	6.5Ac	0.05
1CMC 0.01	6.9Aa	6.9Aa	6.8Aba	6.8ABa	6.8ABa	6.8ABa	0.05
2CMC 0.01	6.9Aa	6.9Aa	6.8Aba	6.8ABa	6.8ABa	6.8ABa	0.05
1CMC 0.05	6.9Aa	6.9Aa	6.8Aba	6.8ABa	6.8ABa	6.7Bab	0.08
2CMC 0.05	6.9Aa	6.9Aa	6.8Aba	6.8ABa	6.8ABa	6.8ABa	0.05
1CMC 0.1	6.8Aab	6.8Aab	6.7Ab	6.7Aa	6.7Aab	6.7Aab	0.05
2CMC 0.1	6.8Aab	6.8Aab	6.7Ab	6.7Aa	6.7Aab	6.7Aab	0.05
1MIX0.01	6.8Aab	6.8Aab	6.8Aa	6.7ABa	6.7ABab	6.6Bbc	0.08
2MIX0.01	6.8Aab	6.8Aab	6.8Aa	6.7ABa	6.7ABab	6.7ABab	0.05
1MIX 0.05	6.9Aa	6.9Aa	6.8Aa	6.8Aa	6.8Aa	6.7Aab	0.08
2MIX 0.05	6.9Aa	6.9Aa	6.8Aa	6.8Aa	6.8Aa	6.8Aa	0.05
1MIX 0.1	6.6Ac	6.5Ac	6.5Ab	6.6Aa	6.5Ac	6.5Ac	0.05
2MIX 0.1	6.6Ac	6.6Ac	6.5Ab	6.5Aa	6.5Ac	6.5Ac	0.05

*حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

*حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

۳-۳- اندازه‌گیری ویسکوزیته

افزایش همه جانبه در ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های حاوی صمغ و عوامل بافت دهنده به دلیل واکنش‌های بین صمغ با محیط مایع اتفاق می‌افتد و به واسطه جذب آب توسط این ترکیبات است. این ترکیبات با افزایش باندهای آبی منجر به کاهش جریان و افزایش مقاومت در برابر جریان و در نتیجه ویسکوزیته ظاهری می‌شوند(۴, ۱۷).

جدول٤-تغییرات ویسکوزیته نمونه های مختلف طی دوره نگهداری (Cp)

نام اختصاری	۱ (روز)	۳۰ (روز)	٦۰ (روز)	۹۰ (روز)	۱۲۰ (روز)	۱۵۰ (روز)	انحراف معیار
1Control	3.1Ci	3.19ABCj	3.28ABCj	3.3ABj	3.32ABj	3.36Aj	0.10
2Control	2.84Ci	2.9ABCj	3.04ABCj	3.09ABj	3.16ABj	3.21Aj	0.15
1KARA 0.01	4.1Bh	4.17ABi	4.25ABi	4.27ABi	4.29ABi	4.34Ai	0.10
2KARA 0.01	3.85Bh	3.91ABi	4.02ABi	4.04ABi	4.06ABi	4.12Ai	0.10
1KARA 0.05	5Cg	5.08BCh	5.17ABCh	5.2ABh	5.22ABh	5.27Ah	0.10
2KARA 0.05	4.81Cg	4.91BCh	5ABCh	5.01ABh	5.04ABh	5.06Ah	0.09
1KARA 0.1	13Ba	13.15ABa	13.27ABa	13.31ABa	13.35Aa	13.41Aa	0.15
2KARA 0.1	12.84Ba	13.09ABa	13.2ABa	13.24ABa	13.29Aa	13.34Aa	0.18
1CMC 0.01	6.2Bf	6.28Af	6.36Af	6.4Af	6.43Af	6.48Af	0.10
2CMC 0.01	5.98Bf	6.1Af	6.19Af	6.26Af	6.32Af	6.39Af	0.15
1CMC 0.05	7.78Ad	7.91Ad	7.99Ad	8.03Ad	8.07Ad	8.11Ad	0.12
2CMC 0.05	7.51Ad	7.64Ad	7.86Ad	7.91Ad	7.96Ad	8.01Ad	0.20
1CMC 0.1	11.41Ac	11.52Ac	11.61Ac	11.66Ac	11.7Ac	11.76Ac	0.13
2CMC 0.1	11.14Ac	11.24Ac	11.34Ac	11.39Ac	11.42Ac	11.47Ac	0.12
1MIX0.01	5.5Ag	5.58Ag	5.67Ag	5.7Ag	5.72Ag	5.77Ag	0.10
2MIX0.01	5.22Ag	5.34Ag	5.42Ag	5.45Ag	5.49Ag	5.51Ag	0.11
1MIX 0.05	6.8Ae	6.9Ae	6.98Ae	7.02Ae	7.05Ae	7.09Ae	0.11
2MIX 0.05	6.62Ae	6.74Ae	6.85Ae	6.92Ae	6.96Ae	7.01Ae	0.15
1MIX 0.1	11.89Bb	12ABb	12.12ABb	12.17ABb	12.21ABb	12.27Ab	0.14
2MIX 0.1	11.71Bb	11.86ABb	11.98ABb	12.03ABb	12.08ABb	12.12Ab	0.15

*حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

*حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

۳-٤- اندازه‌گیری میزان رسوب

مطابق نتایج جدول ۵ نمونه‌های حاوی کاپاکاراگینان نسبت به نمونه‌های‌حاوی‌کربوکسی‌متیل سلولز دارای میزان رسوب بالاتری‌بودند.لذامی‌توان‌گفت‌در مقادیر بالاتر هیدروکلوئید، کربوکسی متیل سلولز از تشکیل رسوب جلوگیری می‌نماید. فقدان مقادیر کافی کاپاکاراگینان برای پوشش دادن میسل‌های کازئین باعث بوجود آمدن یک سیستم بسیار ناپایدار می‌شود که به دلیل بهم پیوستن ذرات مجتمع شده است(۹, ۵). علت‌کاهش‌رسوب‌درشیر کاکائو در اثر افزودن پایدارکننده‌ها را می‌توان چنین بیان کرد که واکنش بین بارهای مثبت و منفی گروه‌های سولفات کاپاکاراگینان و یون‌های مثبت پروتئین‌های شیر و نیز خاصیت آبدوستی هیدروکلوئیدهای‌مورداستفاده،عامل پایدار شدن شیر کاکائو توسط این پایدار کننده‌ها است(۲۳, ۱۸). مقدار پروتئین شیر مورداستفاده بر میزان رسوب تشکیل شده موثر بود، بطوری‌که با افزایش مقدار شیر از ۲/۴ به ۲/۶ درصد مقدار رسوب تشکیل شده در تمام نمونه‌های مورد بررسی افزایش یافت ولی با توجه به $p>0.05$ اختلاف رسوب تشکیل شده از نظر آماری معنی دار نبود.

جدول۵- تغییرات میزان رسوب نمونه های مختلف طی دوره نگهداری (٪)

نام اختصاری	۱ (روز)	۳۰ (روز)	٦۰ (روز)	۹۰ (روز)	۱۲۰ (روز)	۱۵۰ (روز)	انحراف معیار
1Control	0Ha	18.41Fa	38.83Da	42.18Ca	46.39Ba	50.61Aa	12.48
2Control	0Ha	18.64Fa	39.01Da	42.41Ca	46.61Ba	50.82Aa	12.48
1KARA 0.01	0Ha	13.64Fb	27.54Db	29.05Cb	31.95Bb	34.86Ab	8.19
2KARA 0.01	0Ha	13.86Fb	27.73Db	29.28Cb	32.17Bb	35.07Ab	8.19
1KARA 0.05	0Ha	7.33Fd	14.34Dd	15.74Cd	17.31Bd	18.88Ad	4.47
2KARA 0.05	0Ha	7.62Fd	14.67Dd	16.03Cd	17.64Bd	19.17Ad	4.47
1KARA 0.1	0Ha	5.86Fe	11.07De	12.32Ce	13.55Be	14.78Ae	3.45
2KARA 0.1	0Ha	6.08Fe	11.24De	12.51Ce	13.73Be	15Ae	3.44
1CMC 0.01	0Ha	10.0Fc	19.35Dc	21.52Cc	23.67Bc	25.82Ac	6.12
2CMC 0.01	0Ha	10.13Fc	19.47Dc	21.65Cc	23.79Bc	25.95Ac	6.12
1CMC 0.05	0Fa	4.32DEe	7.48Cf	10.28Bf	12.02Af	12.17Af	3.34
2CMC 0.05	0Fa	4.46DEe	7.66Cf	10.71Bf	12.19Af	12.34Af	3.48
1CMC 0.1	0Ga	1.54Egh	3.37Ch	4.54Bg	7.95Ag	8.16Ah	2.89
2CMC 0.1	0Ga	1.62Egh	3.49Ch	4.67Bg	8.04Ag	8.28Ah	2.90
1MIX0.01	0Ga	1.8Ff	4.55Dg	4.92Cg	6.93Bh	8.94Ag	3.08
2MIX0.01	0Ga	1.99Ff	4.78Dg	5.14Cg	7.13Bh	9.15Ag	2.69
1MIX 0.05	0Ga	1.29Egh	2.71Ci	3.75Bh	4.76Ai	4.98Ai	1.53
2MIX 0.05	0Ga	1.41Egh	3.03Ci	4.17Bh	5.09Ai	5.48Ai	1.65
1MIX 0.1	0Ga	0.59Fh	1.56Dj	1.88Ci	2.34Bj	3.28Aj	0.99
2MIX 0.1	0Ga	0.94Fh	1.94Dj	2.23Ci	2.57Bj	3.62Aj	0.97

*حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

*حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

۳-۵- اندازه‌گیری پارامترهای رنگی

۳-۵-۱- روشنایی-تیرگی

نتایج مربوط به میزان روشنایی- تیرگی (شاخص L*) نمونه‌های مختلف شیر کاکائو طی دوره نگهداری در جدول ۶ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که با گذشت زمان نگهداری در تمام نمونه‌های مورد بررسی میزان روشنایی کاهش یافته است و با توجه به $p<0.05$ اختلاف معنی‌دار آماری ایجاد شده است. تا روز ۱۵ نگهداری بالاترین روشنایی‌مربوط به نمونه شاهد بود و در پایان دوره نگهداری کمترین روشنایی را داشت. نمونه‌های مختلف از نظر میزان روشنایی و با توجه به $p<0.05$ با هم اختلاف معنی دار آماری‌داشتند. با توجه به$p>0.05$ تاثیر پروتئین بر روشنایی نمونه‌های مختلف‌معنی‌دار نبود اما نمونه های حاوی پروتئین بالاتر‌روشنایی بالاتری داشتند(۲۵). بالاترین میزان روشنایی در نمونه‌شاهد مشاهده شد و با گذشت زمان بیشترین کاهش روشنایی را داشت. همچنین بین میزان ویسکوزیته و شفافیت همبستگی‌معکوسی وجود داشت به طوری که با افزایش ویسکوزیته میزان روشنایی کاهش یافت که این امر می تواند به دلیل کاهش عبور نور از داخل نمونه‌های شیرکاکائو باشد(۹).

جدول۶- تغییرات شفافیت L* نمونه های مختلف طی دوره نگهداری

نام اختصاری	۱ (روز)	۳۰ (روز)	۶۰ (روز)	۹۰ (روز)	۱۲۰ (روز)	۱۵۰ (روز)	انحراف معیار
1Control	55.25Aa	51.18ABa	46.34ABCb	41.5ABCDd	34.08CDi	28.92Di	10.08
2Control	55.31Aa	51.09ABa	46.14ABCb	41.28BCDd	33.78CDi	28.42Di	10.26
1KARA 0.01	43.82Ae	42.94Be	42Ce	41.19Dd	40.36Ed	38.56Fd	1.88
2KARA 0.01	43.93Ae	43.08Be	42.15Ce	41.33Dd	40.48Ed	38.68Fd	1.89
1KARA 0.05	39.42Ag	38.67Bh	37.88Cg	37.17Dg	36.47Eg	34.92Ff	1.61
2KARA 0.05	39.51Ag	38.81Bh	37.96Cg	37.29Dg	36.59Eg	35.02Ff	1.61
1KARA 0.1	35.74Ah	35.02Bi	34.29Ch	33.59Di	32.92Ej	31.45Fh	1.54
2KARA 0.1	35.86Ah	35.14Bi	34.38Ch	33.72Di	33.01Ej	31.58Fh	1.54
1CMC 0.01	37.74Ag	37.06Bg	36.31Bg	35.71Ch	35.08Dh	33.69Eg	1.45
2CMC 0.01	37.88Ag	37.18Bg	36.39Bg	35.83Ch	35.21Dh	33.8Eg	1.45
1CMC 0.05	45.48Ad	44.57Bd	43.52Cd	42.75Dc	41.89Ec	40.02Fc	1.95
2CMC 0.05	45.62Ad	44.68Bd	43.64Cd	42.88Dc	42.03Ec	40.14Fc	1.95
1CMC 0.1	50.12Cb	52.05Ab	50.83Ba	49.93Ca	48.93Da	44.1Ea	2.76
2CMC 0.1	50.28Cb	52.18Ab	50.98Ba	50.08Ca	49.09Da	44.24Ea	2.76
1MIX0.01	39.75Ag	39.11Ag	38.25Bg	37.84BCf	37.24Cf	35.94De	1.36
2MIX0.01	39.84Ag	39.24Ag	38.36Bg	37.97BCf	37.36Cf	36.07De	1.35
1MIX 0.05	41.57Af	40.73Bf	39.84Cf	39.07De	38.29Ee	36.58Fe	1.79
2MIX 0.05	41.69Af	40.82Bf	39.93Cf	39.18De	38.36Ee	36.72Fe	1.78
1MIX 0.1	46.64Ac	45.70Cc	44.68Dc	43.84Eb	42.96Fb	41.04Gb	2.00
2MIX 0.1	46.77Ac	45.82Cc	44.81Dc	43.95Eb	43.04Fb	41.15Gb	2.01

*حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

*حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

۳-۵-۲- اشباعیت

اشباعیت یک سیستم‌غذایی به دانسیته نوری و مقدار نور جذب‌شده توسط اجزای سیستم غذایی بستگی دارد. نور عبور داده شده، انعکاس یافته و جذب شده همگی بر میزان اشباعیت‌سیستم‌غذایی تاثیر می‌گذارند(۷). براساس اطلاعات جدول ۷ مشاهده می‌شود که با گذشت زمان نگهداری در تمام نمونه‌های مورد بررسی اشباعیت افزایش یافت است. بجز نمونه حاوی ۰/۰۱ کربوکسی متیل سلولز که با توجه به $p>0.05$ تغییرات افزایش اشباعیت آن در طول زمان معنی‌دار نبود اما در سایر نمونه‌های مورد بررسی با توجه به $p<0.05$ با گذشت زمان تغییرات معنی‌دار آماری ایجاد شد. بالاترین‌میزان‌اشباعیت مربوط به نمونه‌های حاوی ۰/۱ درصد صمغ کاپاکاراگینان بود. دو نمونه حاوی ۰/۱ درصد صمغ ترکیبی‌و۰/۱درصدکربوکسی‌متیل سلولز طی زمان نگهداری از نظر اشباعیت با توجه به $p>0.05$ با هم اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند. همچنین نمونه حاوی ۰/۱ درصد کربوکسی متیل سلولز با نمونه حاوی ۰/۰۵ درصد کربوکسی متیل سلولز با توجه به$p>0.05$ اختلاف معنی‌دار آماری نداشت. بین نمونه فاقد هیدروکلوئید و دو نمونه حاوی ۰/۰۱ و ۰/۰۵ درصد صمغ کاپاکاراگینان با توجه به$p>0.05$ اختلاف معنی‌دارآماری‌مشاهده‌نشد.هر چه میزان ویسکوزیته افزایش یافته، اشباعیت بیشتری ایجاد شده است(۲۷). این رابطه در بین‌نوشیدنی‌های پرتقالی‌نیز صادق است بطوری‌که با افزایش ویسکوزیته میزان اشباعیت افزایش می یابد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد(۲۵, ۱۹).

جدول۷-:تغییرات اشباعیت نمونه های مختلف طی دوره نگهداری

انحراف معیار	۱۵۰ (روز)	۱۲۰ (روز)	۹۰ (روز)	۶۰ (روز)	۳۰ (روز)	۱ (روز)	نام اختصاری
0.45	15.85Ae	15.66ABf	15.57ABe	15.47ABCf	15.05CDEe	14.63Eg	1Control
0.45	16.03Ae	15.84ABf	15.8ABe	15.71ABCf	15.28CDEe	14.8Eg	2Control
0.32	15.87Ae	15.69ABf	15.6ABCe	15.54ABCf	15.25ABCe	15fCg	1KARA 0.01
0.33	16.03Ae	15.86ABf	15.79ABCe	15.71ABCf	15.38ABCe	15.15fCg	2KARA 0.01
0.30	15.86Ae	15.71ABf	15.65ABCe	15.56ABCDf	15.29BCDe	15.05Dfg	1KARA 0.05
0.29	16.0Ae	15.88ABf	15.8ABCe	15.7ABCDf	15.44BCDe	15.22Dfg	2KARA 0.05
0.22	19.45Aa	19.36Aa	19.3ABa	19.25ABa	19.07ABCa	18.86Ca	1KARA 0.1
0.21	19.56Aa	19.48Aa	19.41ABa	19.37ABa	19.18ABCa	18.99Ca	2KARA 0.1
0.26	16.53Ad	16.4Ae	16.33Ad	16.22Ae	16.02Ad	15.82Ae	1CMC 0.01
0.26	16.67Ad	16.51Ae	16.42Ad	16.34Ae	16.14Ad	15.94Ae	2CMC 0.01
0.27	17.98Ab	17.89ABc	17.8ABb	17.71ABCc	17.53ABCb	17.25Cc	1CMC 0.05
0.26	18.1Ab	18.03ABc	17.9ABb	17.84ABCc	17.67ABCb	17.39Cc	2CMC 0.05
0.20	18.16Ab	18.06Abc	18Ab	17.92Abc	17.78Ab	17.62Abc	1CMC 0.1
0.19	18.21Ab	18.13Abc	18.1Ab	18Abc	17.87Ab	17.71Abc	2CMC 0.1
0.28	16.08Ade	15.94Bef	15.88Bde	15.8Bef	15.55Bde	15.33Bef	1MIX0.01
0.28	16.19Ade	16.05Bef	15.97Bde	15.91Bef	15.66Bde	15.43Bef	2MIX0.01
0.26	17.1Ac	17.01ABd	16.94ABc	16.84ABd	16.65ABc	16.41Cd	1MIX 0.05
0.26	17.21Ac	17.12ABd	17.05ABc	16.96ABd	16.73ABc	16.53Cd	2MIX 0.05
0.21	18.5Ab	18.41ABb	18.3ABb	18.27ABb	18.09ABb	17.93Bb	1MIX 0.1
0.21	18.62Ab	18.53ABb	18.4ABb	18.4ABb	18.21ABb	18.04Bb	2MIX 0.1

*حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

*حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

۳-۵-۳- شاخص های رنگی

نتایج مربوط به شاخص‌قرمزی/سبزی نمونه های مختلف شیر کاکائو طی دوره نگهداری در جدول ۸ ارائه شده است. در تمام نمونه‌های مورد بررسی با گذشت زمان نگهداری مقدار شاخص*a کاهش یافته است و اختلاف معنی‌دار آماری ایجاد شده است. افزایش غلظت هیدروکلوئید بکار رفته در فرمولاسیون شیر کاکائو منجر به کاهش شاخص*a شد و لذا بین نمونه‌های مختلف با توجه به $p<0.05$ اختلاف معنی‌دار آماری ایجاد شد. تاثیر پروتئین بر میزان شاخص رنگی*a با توجه به $p>0.05$ معنی‌دار نبودکه این مهم در مطالعات مشابه نیز تایید شده است(۳).

جدول۸- تغییرات a* نمونه های مختلف طی دوره نگهداری

نام اختصاری	۱ (روز)	۳۰ (روز)	٦۰ (روز)	۹۰ (روز)	۱۲۰ (روز)	۱۵۰ (روز)	انحراف معیار
1Control	13.95Aa	13.4Ca	12.87Da	12.6Ea	12.34Fa	12.11Fa	0.69
2Control	13.98Aa	13.42Ca	12.85Da	12.55Ea	12.4Fa	12.06Fa	0.71
1KARA 0.01	13.82Aa	13.31Ca	12.74Ea	12.51Fa	12.26Ga	12.01Ha	0.68
2KARA 0.01	13.86Aa	13.34Ca	12.74Ea	12.52Fa	12.28Ga	12.03Ha	0.69
1KARA 0.05	12.13Ab	11.62BCb	11.2DEb	11.03EFb	10.72FGb	10.55Gb	0.59
2KARA 0.05	12.11Ab	11.60BCb	11.24DEb	11.0EFb	10.69FGb	10.57Gb	0.58
1KARA 0.1	10.78Ae	10.32BCc	9.98CDe	9.71DEe	9.52EFe	9.29Fe	0.55
2KARA 0.1	10.74Ae	10.30BCc	10CDe	9.74DEe	9.50EFe	9.25Fe	0.54
1CMC 0.01	13.68Aa	13.15Ba	12.62CDa	12.36DEa	12.13EFa	11.87Fa	0.67
2CMC 0.01	13.68Aa	13.18Ba	12.64CDa	12.30DEa	12.11EFa	11.84Fa	0.76
1CMC 0.05	12.02Ab	11.57ABb	10.11Dde	10.84Cb	10.64Cb	10.44CDb	0.72
2CMC 0.05	12.04Ab	11.55ABb	10.13Dde	10.88Cb	10.65Cb	10.40CDb	0.72
1CMC 0.1	11.15Bcd	11.7Ab	10.32CDcd	10.06DEcd	9.88Ecd	9.66Ecd	0.80
2CMC 0.1	11.17Bcd	11.68Ab	10.33CDcd	10.08DEcd	9.84Ecd	9.61Ecd	0.81
1MIX0.01	12.24Ab	11.75Bb	11.28Cb	11.08Cb	10.83Db	10.63Db	0.60
2MIX0.01	12.25Ab	11.72Bb	11.25Cb	11.04Cb	10.87Db	10.66Db	0.59
1MIX 0.05	11.41Ac	11.02ABc	10.55Cc	10.33CDc	10.1Dc	9.91Dc	0.57
2MIX 0.05	11.43Ac	11.05ABc	10.50Cc	10.30CDc	10.14Dc	9.96Dc	0.57
1MIX 0.1	11.02Ade	10.63ABCbc	10.2CDEde	9.94DEFde	9.76EFde	9.54Fde	0.56
2MIX 0.1	11.06Ade	10.60ABCbc	10.2CDEde	9.9DEFde	9.78EFde	9.50Fde	0.57

*حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

*حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

نتایج مربوط به تغییرات شاخص*b زردی-آبی نمونه های مختلف شیرکاکائو طی دوره نگهداری در جدول ۹ ارائه شده است. در تمام نمونه‌های مورد بررسی با گذشت زمان نگهداری‌شاخص رنگی کاهش یافت و با توجه به $p<0.05$ می توان گفت که اختلاف معنی‌دار آماری ایجاد شده است. از نظر اختلاف بین نمونه‌ها، با افزایش غلظت صمغ، شاخص رنگی*bکاهش‌یافت. با توجه به $p>0.05$ مقادیر مختلف پروتئین بر شاخص رنگی*b تاثیر معنی‌دار آماری نداشتند. در مطالعات مشابه نشان داده شده است که با افزایش غلظت صمغ کیتوزان در فرمولاسیون آب سیب مقادیر*b کاهش می یابد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

جدول۹-:تغییرات b* نمونه های مختلف طی دوره نگهداری

نام اختصاری	۱ (روز)	۳۰ (روز)	۶۰ (روز)	۹۰ (روز)	۱۲۰ (روز)	۱۵۰ (روز)	انحراف معیار
1Control	19.11Aa	18.35BCa	17.63DEa	17.26EFa	16.90FGa	16.59Ga	0.94
2Control	19.15Aa	18.3BCa	17.67DEa	17.19EFa	16.83FGa	16.53Ga	0.98
1KARA 0.01	17.96Aa	17.3ABb	16.56Cb	16.26Ca	15.93Db	15.61Db	0.88
2KARA 0.01	18Aa	17.24ABb	16.6Cb	16.2Ca	15.86Db	15.56Db	0.91
1KARA 0.05	17.51Ab	16.83Abc	16.15Aab	15.82Aa	15.52BCbc	15.19Cbc	0.86
2KARA 0.05	17.56Ab	16.78Abc	16.19Aab	15.76Aa	15.45BCbc	15.12Cbc	0.90
1KARA 0.1	14.55ABe	13.93BCf	13.47CDEe	13.1DEFe	12.85EFf	12.54Ff	0.74
2KARA 0.1	14.6ABe	13.79BCf	13.52CDEe	13.02DEFe	12.78EFf	12.49Ff	0.77
1CMC 0.01	16.13Ac	15.45ABCd	14.89CDEcd	14.66DEFc	14.25EFd	14.03Fd	0.78
2CMC 0.01	16.19Ac	15.4ABCd	14.93CDEcd	14.58DEFc	14.19EFd	13.96Fd	0.82
1CMC 0.05	15.28Ad	14.76ABCe	14.13dCDEe	13.84DEFd	13.53EFe	13.27Fe	0.76
2CMC 0.05	15.33Ad	14.7ABCe	14.17dCDEe	13.79DEFd	13.48EFe	13.2Fe	0.80
1CMC 0.1	15.16Bd	15.91Ad	14.03DEde	13.68DEd	13.43EFe	13.13Fe	1.08
2CMC 0.1	15.21Bd	15.84Ad	14.09DEde	13.54DEd	13.36EFe	13.05Fe	1.11
1MIX0.01	17.13Ab	16.45BCc	15.79DEbc	15.51EFb	15.16FGc	14.88Gc	0.84
2MIX0.01	17.18Ab	16.4BCc	15.84DEbc	15.4EFb	15.12FGc	14.8Gc	0.88
1MIX 0.05	15.98Ac	15.38BCd	13.44Ee	14.41Dc	14.15Dd	13.88DEd	0.96
2MIX 0.05	16.03Ac	15.32BCd	13.49Ee	14.35Dc	14.06Dd	13.8DEd	0.97
1MIX 0.1	14.98Ad	14.45BCef	13.87Dde	13.51Ede	13.27EFef	12.97Fef	0.76
2MIX 0.1	15.05Ad	14.4BCef	13.91Dde	13.48Ede	13.21EFef	12.9Fef	0.80

*حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

*حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

نتایج مربوط به تغییرات بعد رنگ نمونه‌های مختلف شیرکاکائو طی دوره نگهداری در جدول ۱۰ نشان داده شده است. در نمونه‌های مختلف با گذشت زمان نگهداری بعد رنگ کاهش یافته است اما با توجه به $p>0.05$ اختلاف تا روز ۱۲۰نگهداری‌معنی‌دار نبود و تنها در روز ۱۵۰ نگهداری با توجه به $p<0.05$ می توان گفت که اختلاف معنی‌دار مشاهده شده است. همچنین افزایش غلظت صمغ منجر به افزایش بعد رنگ شد .نمونه‌های حاوی ۱/ ۰درصد

کاپاکاراگینان‌بالاترین بعد رنگ را داشتند و$p<0.05$ دارای اختلاف معنی‌دار آماری با سایر نمونه ها بودند. با توجه به $p>0.05$ تاثیرمقدارپروتئین بر بعد رنگ معنی دار نبود. لازم به‌ذکراست نمونه شاهد فاقد هیدروکلوئید طی دوره نگهداری کم ترین بعد رنگی را به خود اختصاص داد.

جدول۱۰- تغییرات شاخص h نمونه های مختلف طی دوره نگهداری

نام اختصاری	۱ (روز)	۳۰ (روز)	٦۰ (روز)	۹۰ (روز)	۱۲۰ (روز)	۱۵۰ (روز)	انحراف معیار
1Control	47.4Ah	47.49Ah	47.61Ah	47.44Ah	47.27Ah	46.33Bg	0.47
2Control	47.42Ah	47.51Ah	47.60Ah	47.42Ah	47.29Ah	46.3Bg	0.53
1KARA 0.01	48.92Ag	48.77Ag	48.61Ag	48.45Ag	48.27Ag	47.32Bf	0.57
2KARA 0.01	48.94Ag	48.75Ag	48.63Ag	48.44Ag	48.29Ag	47.3Bf	0.58
1KARA 0.05	51.41Af	51.2Af	51.05Af	50.89Af	50.7Af	47.94Bf	1.29
2KARA 0.05	51.38Af	51.18Af	51.07Af	50.86Af	50.68Af	47.9Bf	1.30
1KARA 0.1	57.5Aa	57.29Aa	57.17Aa	56.9Aa	56.74Aa	56.62Aa	0.34
2KARA 0.1	57.48Aa	57.31Aa	57.15Aa	56.87Aa	56.7Aa	56.6Aa	0.35
1CMC 0.01	52.55Ae	52.25Ad	52.08Ad	52.06Ad	51.77Ad	49.36Be	1.16
2CMC 0.01	52.51Ae	52.22Ad	52.05Ad	52.11Ad	51.78Ad	49.34Be	1.17
1CMC 0.05	54.76Ac	54.82Ac	54.52Ac	54.395Ac	54.25Ac	52.26Bc	0.96
2CMC 0.05	54.7Ac	54.84Ac	54.54Ac	54.36Ac	54.24Ac	52.28Bc	0.95
1CMC 0.1	55.44Ab	56.64Ab	54.88Ac	54.66Ac	54.52Ac	52.74Bc	1.28
2CMC 0.1	55.42Ab	56.6Ab	54.86Ac	54.69Ac	54.54Ac	52.7Bc	1.27
1MIX0.01	51.61Af	51.3Ae	51.19Ae	51.06Ae	50.81Ae	48.93Be	0.96
2MIX0.01	51.58Af	51.33Ae	51.21Ae	51 Ae	50.78Ae	48.94Be	0.95
1MIX 0.05	53.68Ad	53.55Ad	51.84Ad	53.12Ad	52.99Ad	50.84Bd	1.11
2MIX 0.05	53.65Ad	53.51Ad	51.86Ad	53.1Ad	53Ad	50.8Bd	1.11
1MIX 0.1	55.93Ab	55.71Ab	55.46Ab	55.24Ab	55.1b	54.17Bb	0.62
2MIX 0.1	55.95Ab	55.68Ab	55.48Ab	55.26Ab	55.08b	54.15Bb	0.63

*حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

*حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار آماری در سطح ۵٪ است.

۳-٦- ارزیابی حسی

۳-٦-۱- ارزیابی حسی رنگ

نتایج ارزیابی حسی رنگ نمونه‌های مختلف طی دوره نگهداری در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج بدست آمده نشان داد که با گذشت زمان نگهداری، امتیاز حسی رنگ در نمونه های مختلف شیر کاکائو کاهش یافت . همچنین تا روز سی ام نگهداری که بالاترین روشنایی مربوط به نمونه‌های فاقد هیدروکلوئید بود، کمترین امتیاز ارزیابی حسی را داشتند. تغییر میزان پروتئین بر رنگ نمونه‌های مختلف با توجه به $p>0.05$ اختلاف معنی‌دار ایجاد نکرد. بین اشباعیت، ویسکوزیته و امتیاز رنگ رابطه وجود داشت و با افزایش ویسکوزیته امتیاز حسی رنگ نمونه‌های مختلف افزایش یافت. در مطالعات مشابه امتیاز ارزیابی حسی رنگ در نمونه هایی که دارای ویسکوزیته بالاتری بودند بیشتر گزارش شده است(۱۵, ۱۰). بررسی بیشتر نشان داد که با افزایش میزان هیدروکلوئیدهای کاپاکاراگینان و کربوکسی متیل سلولز در فرمولاسیون شیر کاکائو امتیاز ارزیابی حسی رنگ افزایش می یابد.

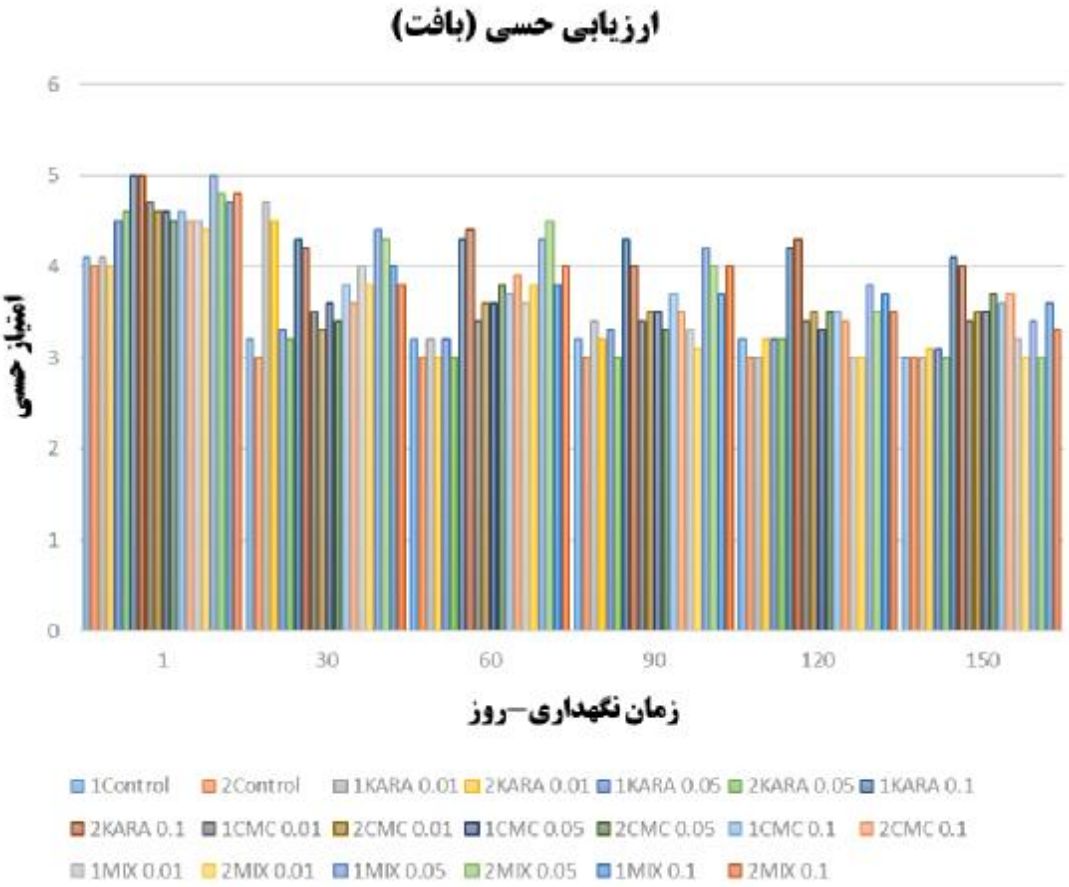
../AppData/Roaming/Microsoft/AppData/Local/Temp/JFST-2005-1644 (R1)-1-2 (1).xlsx

شکل ۱- ارزیابی حسی (رنگ)

۳-٦-۲- ارزیابی حسی بافت

نتایج ارزیابی حسی بافت در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان دهنده کاهش پذیرش حسی با گذشت زمان نگهداری است. همچنین مقدار صمغ بر میزان امتیاز حسی بافت موثر بوده است به طوری‌که در نمونه های حاوی ۰/۱ درصد صمغ امتیار ارزیابی حسب کاهش ولی در سایر نمونه ها با افزایش غلظت صمغ تا ۰/۰۵ درصد امتیاز حسی بافت افزایش یافت. همچنین نمونه‌های حاوی کربوکسی متیل

سلولز نسبت به نمونه‌های حاوی کاپاکاراگینان امتیاز حسی بالاتری به خود اختصاص دادند. بین میزان ویسکوزیته و ارزیابی حسی بافت رابطه وجود دارد به طوری‌که با افزایش ویسکوزیته تا حد مشخصی امتیاز ارزیابی بافت افزایش می یابد و در مقادیر بالاتر از آن با افزایش ویسکوزیته امتیاز ارزیابی حسی کاهش می یابد(۱۳). در واقع ارزیاب ها تمایلی به استفاده از شیرکاکائوهای بسیار ویسکوز و با بافت مشابه دسر لبنی نداشتند.



../AppData/Roaming/Microsoft/AppData/Local/Temp/JFST-2005-1644 (R1)-1-2 (1).xlsx

شکل ۲- ارزیابی حسی (بافت)

۳-۶-۳- ارزیابی حسی طعم

نتایج حاصل از ارزیابی حسی طعم در شکل۳ نشان داده شده است. در تمام نمونه‌های مورد بررسی با سپری شدن زمان نگهداری از امتیاز حسی عطر و طعم کاسته شده است. نمونه شاهد کمترین امتیاز ارزیابی حسی عطر و طعم را داشت. بین نمونه‌های دیگر از نظر امتیاز ارزیابی طعم و عطر با توجه به $p>0.05$ اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد. در نوع صمغ برابر با افزایش مقدار هیدروکلوئید امتیاز حسی رنگ و طعم افزایش یافت. تاثیر سطوح پروتئین با توجه به $p>0.05$ بر امتیاز حسی عطر و طعم از نظر آماری معنی‌دار نبود(۱۵, ۱۲, ۱۳). *عابدی و همکاران* (۲۰۱۴) نشان دادند که با افزایش غلظت هیدروکلوئید و ویسکوزیته امتیاز حسی عطر و طعم کاهش می یابد که با نتایج این پژوهش در مورد بالاترین غلظت صمغ ترکیبی مطابقت دارد.

../AppData/Roaming/Microsoft/AppData/Local/Temp/JFST-2005-1644 (R1)-1-2 (1).xlsx

شکل۳- ارزیابی حسی (طعم)

٤- نتیجه‌گیری

در این مقاله تاثیر غلظت‌های مختلف (۰، ۰/۰۱، ۰/۰۵ و ۰/۱ ٪) پایدارکننده‌های کربوکسی متیل سلولز، کاپاکاراگینان و ترکیب آن‌ها به صورت جدا و ترکیبی بر خصوصیات فیزیکوشیمایی و حسی شیر کاکائو با دو سطح پروتئین (۲/۴ و ۲/۶٪) طی مدت نگهداری ۱۵۰ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار هیدروکلوئید مقدار مواد جامد محلول در شیر کاکائو افزایش می‌یافت البته این موضوع طی مدت نگهداری محسوس نبود. طی نگهداری با گذشت زمان pH در نمونه‌های مختلف کاهش یافت و از نمونه‌های حاوی مقادیر بالاتر صمغ ترکیبی pH کمتری گزارش شد. افزایش غلظت صمغ و گذشت زمان نگهداری همچنین منجر به افزایش ویسکوزیته نمونه‌هایم ختلف شد. طی مدت نگهداری به تدریج میزان رسوب افزایش یافت و نمونه های حاوی ۰/۱ درصد صمغ کمترین میزان رسوب را از خود نشان دادند. شفافیت نمونه‌ها با گذشت زمان کاهش یافت و افزایش غلظت کربوکسی متیل سلولز و کاپاکاراگینان به ترتیب موجب افزایش و کاهش شفافیت شد. اشباعیت رنگ شیر کاکائو با گذشت زمان نگهداری و افزایش غلظت صمغ افزایش یافت. میزان زردی و قرمزی نمونه‌ها نیز طی نگهداری کاهش یافت و افزایش غلظت صمغ منجر به کاهش هر دو شاخص رنگی a* و b* شد. نتایج ارزیابی‌های حسی نشان داد با گذشت زمان مطلوبیت هر سه فاکتور

رنگ، بافت و عطر طعم کاهش یافته است. نمونه‌های حاوی ۰/۱ درصد صمغ ترکیبی از نظر ارزیابی حسی دارای امتیاز مناسبی بودند. هر دو سطح پروتئین در محدوده استاندارد پروتئین مورد استفاده در تهیه شیرکاکائو قرار داشتند و اختلاف این دو سطح بر هیچ‌کدام از فاکتورهای مورد بررسی با توجه به $p>0.05$ از نظر آماری معنی دار نبود. در مجموع با توجه به بررسی خصوصیات فیزیکوشیمایی و حسی، استفاده از ۰/۱ درصد صمغ ترکیبی کاپاکاراگینان کربوکسی‌متیل سلولز برای تهیه شیر کاکائو با میزان پروتئین در محدوده ۲/۴ تا ۲/۶ درصد مناسب گزارش شده و منجر به ایجاد و حفظ ویژگی‌های پایدار در شیر کاکائو می‌شود.

۵- منابع

1. Abbasi, S. and Dickinson, E. 2002. Influence of high-pressure treatment on gelation of skim milk powder+ low methoxyl pectin dispersions. *International Journal of High Pressure Research*, 22(3-4):643-647.
2. Abbasi, S. and Dickinson, E. 2004. Gelation of ι-carrageenan and micellar casein mixtures under high hydrostatic pressure. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(6):1705-1714.
3. Abd Karim, A., Sulebele, G. A., Azhar, M. E. and Ping, C. Y. 1999. Effect of carrageenan on yield and properties of tofu. *Food Chemistry*, 66(2): 159-165.
4. Akalın, A.S., Karagözlü, C. and Ünal, G. 2008. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, 227(3):889-895.
5. Anh, D. P. T. and Ipsen, R. 2009. Stabilization of acidified milk drinks using pectin. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(2):155-165.
6. Cancela, M. A., Alvarez, E. and Maceiras, R. 2005. Effects of temperature and concentration on carboxymethylcellulose with sucrose rheology. Journal of food engineering, 71(4):419-424.
7. Dickinson, E. 1994. Colloidal aspects of beverages. *Food chemistry*, 51(4): 343-347.
8. Dickinson, E. 2009. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food hydrocolloids*, 23(6): 1473-1482.
9. Hamed, M. and Tan, C. 2010. Effect of various hydrocolloids on physicochemical characteristics of orange beverage emulsion. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(2):308-313.
10. Hashemi, F. S., Gharibzahedi, S. M. T. and Hamishehkar, H. 2015. The effect of high methoxyl pectin and gellan including psyllium gel on Doogh stability. *RSC Advances*, 5(53): 42346-42353.
11. Huang, X., Kakuda, Y. and Cui, W. 2001. Hydrocolloids in emulsions: particle size distribution and interfacial activity. *Food hydrocolloids*, 15(4-6): 533-542.
12. Karimi, N., Sani, A. M. and Pourahmad, R. 2016. Influence of carboxy methyl cellulose (CMC) and pectin on rheological, physical stability and sensory properties of milk and concentrated jujuba mixture. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(2): 396-404.
13. Keshtkaran, M., Mohammadifar, M. A. and Asadi, G. M. 2012. The effect of two types of Iranian gum tragacanth on some rheological, physical and sensory properties of date milk beverage. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 7(3): 31-42.
14. Langendorff, V., Cuvelier, G., Michon, C., Launay, B. and Parker, A. 2000. Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures. *Food hydrocolloids*, 14(4): 273-280.
15. Marzieh, K. E., Ataye, S. and Mustafa, S. N. 2015. Investigation on the effect of carboxymethyl cellulose and carrageenan on the rheological, physicochemical and sensory characteristics of chocolate drink powder. *Journal of Applied. Environmental Biological Science*, 4(11): 165-173.
16. Mesbahi, G., Niakoosari, M., Savadkoohi, S. and Farahnaky, A. 2010. A comparative study on the functional properties of carboxymethyl cellulose produced from sugar-beet pulp and other thickeners in tomato ketchup.
17. Moeenfard, M. and Tehrani, M. M. 2008. Effect of some stabilizers on the physicochemical and sensory properties of ice cream type frozen yogurt. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci*, 4(5): 584-589.
18. Nakamura, A., Furuta, H., Kato, M., Maeda, H. and Nagamatsu, Y. 2003. Effect of soybean soluble polysaccharides on the stability of milk protein under acidic

conditions. Food Hydrocolloids, 17(3): 333-343.

19. Neirynck, N., Van der Meeren, P., Lukaszewicz-Lausecker, M., Cocquyt, J., Verbeken, D. and Dewettinck, K. 2007. Influence of pH and biopolymer ratio on whey protein–pectin interactions in aqueous solutions and in O/W emulsions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 298(1-2):99-107.

20. Prakash, S., Huppertz, T., Karvchuk, O. and Deeth, H. 2010. Ultra-high-temperature processing of chocolate flavoured milk. *Journal of food engineering*, 96(2):179-184.

21. Pyne, G. T. 1932. The determination of milk-proteins by formaldehyde titration. *Biochemical journal*, 26(4):1006.

22. Srilaorkul, S., Ozimek, L., Wolfe, F. and Dziuba, J. 1989. The effect of ultrafiltration on physicochemical properties of retentate. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 22(1):56-62.

23. Tijssen, R. L. M., Canabady-Rochelle, L.S. and Mellema, M. 2007. Gelation upon long storage of milk drinks with carrageenan. *Journal of dairy science*, 90(6): 2604-2611.

24. Toğrul, H. and Arslan, N. 2003. Flow properties of sugar beet pulp cellulose and intrinsic viscosity–molecular weight relationship. *Carbohydrate Polymers*, 54(1):63-71.

25. Udomsup, T. 2011. Effect of xanthan gum and carboxymethyl cellulose concentration on quality of cloudy mangosteen juice. In Proceedings of the Kesetsart university annual conference (Vol. 7, pp. 43-50).

26. Williams, P.A. and Phillips, G.O. 2000. Handbook of hydrocolloids. Woodhead, Cambridge.

27. Yanes, M., Durán, L. and Costell, E. 2002. Rheological and optical properties of commercial chocolate milk beverages. *Journal of Food Engineering*, 51(3):229-234.

(Original Research Paper)

Evaluation of Carboxymethyl Cellulose and Carrageenan Gum Efficiency in Stabilizing Cocoa Milk with Reduced Protein

Fereshteh Shahab Navaei[1], Arezoo Ghadi[2*], Shahram Naghizadeh Raeisi[3]

1-MS.c Graduated of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
2-Assistant Professor, Departement of Chemical Engineering, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
3-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

Received:18/05/2020 Accepted:28/11/2020

Abstract

In the dairy industry, natural gums can be used to stabilize emulsions such as cocoa milk. Among the types of gums are carboxymethylcellulose and capacaraginan, which are used [i]as bulking, thickener, Stabilizer, primer, and emulsifying in the food industry. Due to the challenges in cocoa milk storage methods, in the present study, we investigated the effect of capacaraginan, carboxymethylcellulose gums, and their combination on the physicochemical properties of cocoa milk with two reduced protein levels (2.4% and 2.6%) has been paid. For this purpose, by measuring pH, soluble solids, apparent viscosity, sedimentation rate, and color parameters during storage for 5 months at 4 ° C, the effect of these gums on the stability of cocoa milk emulsion was investigated. Also, after sensory testing of cocoa milk including color, texture, and flavor during the storage period at 5-day intervals, it was observed that with increasing concentration of hydrocolloids, soluble solids, viscosity, and saturation index increased, while pH, sediment, and yellow and redness index will decrease. Samples containing 0.1% of synthetic gum showed the highest sensory evaluation score. Based on the results obtained from physicochemical and sensory evaluations, using 0.1% of the combined gum of capacaraginan: carboxymethylcellulose for the preparation of cocoa milk with protein content in the range of 2.4 to 2.6% stable properties can be achieved in cocoa milk.

Keywords: Stability, Cocoa Milk, Capacaraginan, Carboxymethyl Cellulose.

[*]Corresponding Author: a.ghadi@iauamol.ac.ir